Vierordt

Physiol.
o.
58 d

Grundriss

der

Physiologie des Menschen.

Grundriss

der

Physiologie des Menschen

von

Dr. Karl Vierordt,
Professor der Physiologie und Vorstand des physiologischen Institutes an der Universität Tübingen.

Vierte vollständig umgearbeitete Auflage.

Mit 220 Figuren in Holzschnitt.

Tübingen, 1871.
Verlag der H. Laupp'schen Buchhandlung.

Das Recht der Uebersetzung dieses Werkes behält sich die Verlagshandlung vor.

KÖNIGL. BAYER. BIBLIOTHEK BAMBERG

Druck von H. Laupp in Tübingen.

Vorwort zur ersten Auflage.

In einer Wissenschaft, welche, wie die Physiologie, an Umfang und Verschiedenheit ihrer Aufgaben, sowie an Mannigfaltigkeit der Hülfsfächer von keiner anderen Naturwissenschaft übertroffen wird, ist es unvermeidlich, dass die Ansichten über materielle und formelle Behandlungsweise auseinander gehen, und das um so mehr, wenn die Hülfsfächer, selbst von dem Begabtesten, heutzutage nicht mehr gleichmässig bewältigt werden können und, wie die mikroskopische und vergleichende Anatomie, die Entwickelungsgeschichte, die organische Chemie, die Physik und Mechanik, sowie das weite Gebiet der Medicin selbst, im regesten Fortschreiten begriffen, von Jahr zu Jahr eine Fülle neuer Probleme und Resultate, sowie fruchtbarer, die physiologische Technik selbst erweiternder, Untersuchungsmethoden bieten.

Wenn ich bemüht war, den anerkannten Hauptrichtungen des physiologischen Studiums gerecht zu werden, so geschah das nicht etwa mittelst, den Einzelabschnitten regelmässig vorangeschickter Einleitungen, in denen die für das Verständniss der physiologischen Lehrsätze unentbehrlichsten Thatsachen der Anatomie, Chemie und Physik jedesmal eine gleichmässige Berücksichtigung gefunden hätten, ein Verfahren, wodurch zudem die Darstellung leicht Gefahr läuft, ihren eigentlichen physiologischen Charakter zu verlieren. Es wurden desshalb, sowie im Hinblick auf die ausschliesslich didaktische Aufgabe dieses Buches, vorzugsweis diejenigen propädeutischen Sätze hervorgehoben, welche in den Lehrbüchern der Anatomie, Chemie und Physik nicht so schnell aus dem übrigen Zusammenhang herausgelesen oder zur richtigen und vollständigen physiologischen Verwendung gebracht werden können. Dass aber Letzteres ungleich häufiger sich wiederholt bei physikalisch-mechanischen Fragen, als bei den, dem Anfänger in der Regel viel bekannteren, anatomischen oder chemischen, versteht sich, gegenüber der Natur jener oftmals schwierigen Probleme, die nur im breiten, folgerichtigen Zusammenhang mit einer Reihe verwandter Thatsachen und Theoreme begriffen werden können, von selbst. Die Schwierigkeiten aber sind es, welche die grössere oder geringere Ausführlichkeit in den einzelnen Theilen eines Lehrbuches vorzugsweise bestimmen müssen.

Damit bekenne ich zugleich, dass ich die Darstellung nicht abhängig mache von dem, der Wissenschaft als solcher ganz fremden und vielfach auch einer bloss subjectiven Schätzung anheimgestellten Dignitätsgrade, welchen die Funktionen für den Organismus haben. Das Sprechen, die Stimme, das Gehen und Stehen, die, nebst anderen Funktionen, als sog. »Fertigkeiten« nicht selten hinter den übrigen Kapiteln bedeutend zurückstehen müssen, gehören zu den für das erste Studium schwierigeren Theilen der Physiologie; sie bieten aber auch eine gewisse Abrundung und Folge-

richtigkeit ihrer Lehrsätze, sowie werthvolle Beispiele, wenn es sich um die, das Verständniss physiologischer Erscheinungen ganz besonders förderude, Vergleichung der mechanischen Einrichtungen des Organismus mit analogen Leistungen von Maschinen und physikalischen Apparaten handelt. Dadurch werden sie, wie auch der Kreislauf, das Athmen, die Sinne und manche Theile der Muskel- und Nervenphysiologie, vom methodischen Standpunkt aus wichtig uud für den Lernenden in hohem Grade bildend und fördernd.

Auf die Darstellung der einzelnen Funktionen, welche den hergebrachten Inhalt unserer Wissenschaft bildet, lasse ich eine Schilderung der wichtigsten normalen Körperzustände, sowie einen kurzen Abriss der physiologischen Entwickelungsgeschichte folgen. Was erstere betrifft, bin ich überzeugt, dass eine Physiologie der Lebensalter, Geschlechter, Körperconstitutionen u. s. w., sowie der durch äussere atmosphärische Einflüsse und durch die Einzelfunktionirungen selbst (Verdauung, Bewegung u. s. w.) so vielfach abgeänderten Zustände des Gesammtorganismus, wenn dieselbe im Zusammenhang und als Ganzes gegeben wird, einem wissenschaftlich wie praktisch sehr wohl begründeten Bedürfniss entgegenkommt, welchem — wie ich ohne Anmaassung behaupten darf — bisher noch nicht in seinem vollen Umfang und nach seiner wahren Bedeutung entsprochen worden ist; mögen Andere, namentlich physiologisch gebildete erfahrene Aerzte, das, was hier nur kurz erörtert werden durfte, weiter ausführen und dadurch die so nahe verwandten und ohne gegenseitigen Schaden niemals zu trennenden Gebiete der Physiologie und der Medicin in immer fruchtbarere Wechselbeziehungen bringen.

Tübingen im December 1859.

Der Verfasser.

Vorwort zur vierten Auflage.

Seit dem Erscheinen der dritten Auflage dieses Werkes, von welcher zwei Uebersetzungen in's Italienische besorgt wurden, ist unsere Wissenschaft so rüstig vorwärts geschritten, dass die meisten Kapitel dieser neuen Auflage mehr oder weniger umgearbeitet werden mussten. Wenn die Physiologie, Dank den unermüdlichen Bemühungen der zahlreichen Forscher auf diesem ergiebigen Arbeitsfeld, Dank aber auch den eingreifenden Leistungen der physiologischen Hülfswissenschaften, wenigstens in ihren, der exakten Forschung zugänglichen Gebieten, bereits auf einem ziemlich gesicherten Boden steht, so kann in dem kurzen Zeitraum weniger Jahre, der seit dem Erscheinen der letzten Auflage verflossen ist, eine völlige Umgestaltung auch nur eines einzigen ihrer Specialgebiete kaum erwartet werden.

Mit grossem Unrecht und mit gänzlicher Verkennung des stetigen Entwickelungsganges, auf den unsere Wissenschaft naturgemäss angewiesen ist, will man der heutigen Physiologie hier und da als Vorwurf entgegenhalten, dass sie in der Erkenntniss der Lebensvorgänge zwar sehr viel breiter, kaum aber tiefer geworden sei. Unsere Theorieen stehen in der Regel nicht so unerschütterlich da, das sie keiner wiederholten, unter veränderten Bedingungen oder mit verbesserten experimentellen Hülfsmitteln gewonnenen, Erfahrungen bedürften; Erfahrungen der Art sind aber allein geeignet, die alten Anschauungen besser zu begründen, oder dieselben mehr oder weniger umzugestalten, um Ausgangspunkte zu neuen erfolgreichen Untersuchungen zu gewinnen.

Es ist wohl am Platz, in einem Lehrbuch, das den Anfänger in die Elemente der Wissenschaft einführen soll, mit Nachdruck hervorzuheben, dass an diesen, für die Physiologie so fruchtbaren und gar nicht zu erschöpfenden, Detailarbeiten sich oftmals auch jüngere Kräfte betheiligen können und bisher mit bestem Erfolge wirklich betheiligt haben. Möge im Kreise der strebsamen jüngeren Mediciner, die schon viele Bausteine geliefert haben zur Förderung der Physiologie, die Ueberzeugung immer allgemeiner werden, dass gerade auf diesem Wege die beste Vorschule zur wissenschaftlichen Heilkunde zu suchen sei und dass die experimentelle Lösung auch nur einer einzigen, wenn noch so enge begrenzten, aber klar formulirten, physiologischen Aufgabe den jungen Arzt am Sichersten zu dem führt, was ein Hauptzweck des tieferen Studiums sein soll, nämlich zur Erlernung der Methode der naturwissenschaftlichen Forschung und damit auch der selbstständigen, freithätigen Beobachtung am Krankenbett. Die Anwendung verhältnissmässig einfacherer, auch dem weniger Geübten zugänglichen, Technicismen hat oft genug Resultate ergeben, die von der Wissenschaft dankbar aufgenommen werden mussten; die schwierigeren und umfassenderen Aufgaben, die ersten Schritte nach

bisher unbekannten Richtungen mögen den Männern vom Fache überlassen bleiben, die, obschon sie ihre ganze Zeit diesen weitgesteckten Zielen widmen, sich gleichwohl nach Jahrelanger fleissiger Arbeit sagen müssen, dass die Zahl der Apparate, die sie erfinden, oder die sie, aus fremden Händen übernommen, mit Virtuosität handhaben und je nach Bedürfniss weiter vervollkommnen können, keine übergrosse ist. Unsere medicinischen Facultäten sind heutzutage ohne Ausnahme im Besitz gut ausgestatteter physiologischer Institute, dieser, auf deutschem Boden entstandenen, sichtbaren Zeugen der erfreulichen Pflege, welche die physiologischen Wissenschaften bei uns finden. Auch die hiesige Universität verdankt der wohlwollenden Fürsorge ihrer hohen Regierung einen stattlichen Neubau, in welchem für alle Bedürfnisse des physiologischen Studiums auf das Liberalste gesorgt worden ist.

Die von der bisherigen Auffassungsweise in wesentlichen Punkten abweichende Darstellung der Lehre vom Tastsinn stützt sich auf Arbeiten, die im hiesigen physiologischen Institut von jüngeren Kräften neuerdings unternommen und theilweis schon veröffentlicht worden sind. Von meinen photometrischen Studien, die seit fast 2 Jahren nach den verschiedensten Richtungen hin ausgedehnt wurden, konnte ich vorläufig bloss einige Ergebnisse in § 431 aufnehmen. Im Verlauf dieser Arbeiten wurde ich auf eine Methode geführt, welche mit Hülfe eines grösseren Spectralapparates die quantitative Bestimmung jedes in Lösung enthaltenen gefärbten Körpers sicher und schnell gestaltet; die Resultate dieser, zum Theil im rein physiologischen Interesse unternommenen, und durch den Krieg unterbrochenen, Arbeiten, hoffe ich im Anfang des nächsten Jahres veröffentlichen zu können.

Der Druck der letzten Bogen dieses Werkes fiel in die gewaltige und erhebende Zeit, in welcher unserem friedlichen Vaterland der schwere, opfervolle Kampf um seine Existenz freventlich aufgedrungen worden ist. Die ruhige Zuversicht, mit welcher ganz Deutschland eintrat in diese Tage läuternder Prüfung, durfte sich auf das trostreiche Bewusstsein stützen, dass man allerwärts längst bestrebt gewesen, ein Jeder an seinem Platz und in seinem Wirkungskreise, die Pflicht zu thun und dass dieser heilige Kampf, nach Gottes unerforschlichem Rathschluss, mit der höheren Weihe eines Kampfes für die edelsten Güter der Menschheit, für Wahrheit, Recht und ächte Humanität begnadigt werden sollte. Diejenigen aber, welche zurückgeblieben sind am heimischen Heerde, die Pfleger der, unserer Nation über Alles theuern Werke der Kunst und Wissenschaft, der Arbeit und der Industrie, sie werden nunmehr täglich die ernste Frage an sich stellen müssen: wie sollen wir, selbst beim allerbesten Willen, auch nur einigermaassen den Leistungen unserer Brüder nachkommen können, welche auf Frankreich's Schlachtfeldern ihr edles Blut vergiessen, um dem theuren Vaterland, um der Welt den so inbrünstig ersehnten dauerhaften Frieden wieder zu geben.

Tübingen, am Tage der Schlacht von Gravelotte.

Der Verfasser.

Inhalt.

Seite

I. Einleitung . 1

Physiologie der Grundfunktionen.

A. Vegetative Funktionen.

II. Blut . 8

III. Grunderscheinungen des Ortswechsels der Materie im Körper . . 19

Diffusion und Absorption der Gase — Verdunstung — Diffusion der Flüssigkeiten — Imbibition — Endosmose — Filtration.
Aufsaugung — Absonderung — Stoffwechsel der Gewebe und Organe.

B. Animalische Funktionen.

IV. Allgemeine Nerven- und Muskelphysiologie 45

Allgemeine Eigenschaften des Nervensystems — Allgemeine Physiologie der Muskeln und Muskelnerven — Funktionen der sensibelen Nerven — Ernährungseinflüsse des Nervensystems — Leitung der Empfindungs- und Bewegungseindrücke innerhalb der Nervencentren — Reflexerscheinungen.

V. Thierische Elektricität 95

VI. Allgemeine Mechanik der Skeletbewegungen 106

Physiologie der Specialfunktionen.

A. Vegetative Funktionen.

VII. Kreislauf des Blutes 112

Hydraulische Vorbemerkungen — Herzthätigkeit — Blutbewegung in den Gefässen — Blutgeschwindigkeit und strömende Blutmassen.

VIII. Verdauung . 150

Nahrungsmittel — Verdauungssäfte und deren Wirkungen — Mechanische Funktionen der Verdauungsorgane.

IX. Aufsaugung aus dem Nahrungsschlauch und Chylusbildung . . . 177

X. Athmen und Perspiration 182

Respiratorischer Gaswechsel — Athembewegungen — Perspiration, Schweissbildung.

XI. Leberfunctionen . 214

XII. Lymphsystem, Blutgefässdrüsen und Blutkörperbildung 221

XIII. Harnbereitung . 228

XIV. Wärmebildung . 248

XV. Statik des Gesammtstoffwechsels 261

Durchschnittlicher Stoffwechsel — Abweichungen vom durchschnittlichen Stoffwechsel.

B. Animalische Funktionen.

Seite

XVI. Einleitung in die Physiologie der Sinne 279
XVII. Tastsinn . 294
XVIII. Hören . 303
Grundformen der Tonschwingungen — Haupteigenschaften des Tones — Gleichzeitiges Hören verschiedener Töne — Schallleitung durch das Hörorgan — Räumliche Schallwahrnehmungen.
XIX. Sehen . 335
Hülfsapparate — Katoptrische und dioptrische Erscheinungen (Dioptrische Vorbemerkungen; Refraction des Auges; Accommodation) — Räumliches Sehen — Binoculares Raumsehen — Farbenwahrnehmungen — Entoptisches Sehen.
XX. Riechen . 417
XXI. Schmecken . 420
XXII. Gemeingefühle 424
XXIII. Stehen und Ortsbewegungen 437
XXIV. Stimme . 453
XXV. Sprechen . 469
XXVI. Psychophysiologie 479

C. Generative Funktionen.

XXVII. Zeugung . 563
Zeugungsstoffe — Befruchtung — Eigenschaften der Nachkommen — Schwangerschaft, Geburt — Milchabsonderung.

Physiologie des Gesammtorganismus.

XXVIII. Individuelle Zustände 528
Lebensalter — Geschlecht — Körperconstitution — Wuchs und Körpergewicht, Fettgehalt des Körpers — Temperament.
XXIX. Von Einzelfunktionen abhängige Körperzustände 561
Muskelthätigkeit — Verdauung — Menstruation — Schwangerschaft — Geburt, Wochenbett und Lactation — Schlaf — Psychische Thätigkeiten.
XXX. Körperzustände bedingt durch atmosphärische Einflüsse . . 583
Lufttemperatur — Luftdruck — Wassergehalt der Luft — Licht.
XXXI. Periodische Körperzustände 591
Vorbemerkungen — Tägliche Periode — Mehrtägige Perioden — Jährliche Periode.

Embryologie.

XXXII. Fundamentaltheile und Hüllen des Embryo 604
Uranlage des Embryo — Embryonalhüllen — Bildung der äusseren Leibesform.
XXXIII. Einzelorgane des Embryo und deren Functionen 619

I. Einleitung.

1. Aufgabe.

Die Physiologie betrachtet die Verrichtungen und Thätigkeiten der Organismen nach ihren äusseren Erscheinungsweisen und den denselben zu Grunde liegenden Gesetzen. Unsere Darstellung bezieht sich vorzugsweise auf die Physiologie des Menschen.

Diese Beschränkung der Aufgabe ergiebt sich aus der Stellung, welche die Physiologie der Medicin gegenüber einnimmt und in Zukunft in noch höherem Grade gewinnen wird. Indem sie nämlich eine der wichtigsten Grundlagen der Medicin überhaupt und das eigentliche Fundament des erklärenden, also des strengwissenschaftlichen Theiles der Medicin insbesondere darstellt, kann sie sich keineswegs mit einer allgemeinen, mehr schematischen Betrachtung der thierischen Functionen begnügen, sondern sie hat nachzuweisen, wie namentlich im menschlichen Organismus die physiologischen Vorgänge gestaltet sind. Von einer umfassenderen vergleichenden Darstellung, dieser unstreitig höchsten und schönsten Aufgabe der Physiologie, kann ohnediess gegenwärtig die Rede noch nicht sein. Die bisherigen Studien, selbst wenn sie zur Entdeckung völlig neuer Lebenserscheinungen in gewissen Thierklassen führten, reichten gleichwohl über den bloss beschreibenden Standpunkt nicht hinaus. Wir werden übrigens an den wenigen Punkten, wo unser Wissen zu einem wahrhaft comparativ-physiologischen sich erhoben hat, wo nämlich die einer bestimmten Thierspecies eigenthümlichen Erscheinungen sich mit Nothwendigkeit ableiten lassen aus allgemeinen, eine grössere Thierreihe beherrschenden Gesetzen, den betreffenden Lehrsätzen besondere Sorgfalt widmen.

2. Eintheilung.

I. Physiologie der Functionen. Diese betrachtet die einzelnen Verrichtungen des Organismus, sowohl an und für sich, als in ihren Wechselbeziehungen.

II. Physiologie des Gesammtorganismus (Specielle Physiologie). Gewisse Besonderheiten einzelner oder vieler Functionirungen unterscheiden die Individuen derselben Art von einander, sowie dasselbe Individuum zu verschiedenen Zeiten. Daraus ergiebt sich eine grosse Reihe specieller Körperzustände. Die Schilderuug sehr vieler derselben: der Krankheiten nämlich und der Arzneiwirkungen, gehört anderweitigen Disciplinen an, während die specielle Physiologie die in den Bereich des gesunden Lebens fallenden Zustände des Gesammtorganismus im Zusammenhang betrachtet.

Die zahlreichen Körperzustände, die der speciellen Pathologie anheimfallen, charakterisiren sich häufig durch auffallende anatomische und functionelle Merkmale. Darin,

sowie in ihrer unmittelbaren praktischen Wichtigkeit, liegt der Grund, wesshalb viele derselben, wenigstens äusserlich, d. h. nach ihren Symptomen, genauer gekannt und besser umgrenzt sind als die in den Bereich des gesunden Lebens fallenden Zustände des Gesammtorganismus.

3. Verhältniss zur Pathologie.

Die einzelnen Lebensthätigkeiten verlaufen in gesunden Zuständen innerhalb gewisser Grenzen und stehen unter sich in bestimmten durchschnittlichen Wechselbeziehungen. Unter Umständen aber treten die Functionen heraus aus diesen Grenzen; der Organismus ist erkrankt. Es haben Ursachen eingewirkt, durch welche ein oder mehrere Processe in ungewöhnlicher Weise verändert, gesteigert oder herabgesetzt und somit auch in ihren Wechselwirkungen mit andern Verrichtungen gestört wurden. Dabei treten aber keineswegs völlig neue, mit den gesunden Zuständen keine Analogieen bietende Processe auf, sondern es sind in Krankheiten nur gewisse Bedingungen verändert, unter denen diese Gesetze zur Wirksamkeit gelangen. Desshalb führen mannigfaltige und unmerkliche Uebergänge aus dem gesunden in das kranke Leben. Da in den Bereich der Gesundheit die verschiedenartigsten Zustände des Gesammtorganismus fallen, was in ungleich weiterem Umfang von den Krankheiten gilt, so lässt sich auch nichts Gemeinsames und Unterscheidendes aussagen über die Natur der Vorgänge, die im gesunden Organismus ablaufen im Gegensatz zu dem erkrankten, sodass alle Unterscheidungen, die von gewissen Standpunkten und Bedürfnissen aus geltend gemacht werden müssen, sich nur auf gewisse äussere Erscheinungen, nicht aber auf das Wesen beider Lebenszustände beziehen.

Physiologie und Pathologie sind innig mit einander verbunden. Ein Fortschritt auf dem einen Gebiet bereichert in der Regel, unmittelbar oder mittelbar, auch das andere und wenn es physiologische Resultate gibt, denen kein Seitenstück gegenübersteht auf dem entsprechenden Felde der Pathologie, so verhält es sich nicht selten auch umgekehrt. Die besten Aufschlüsse erhält man unter Umständen, wenn man die Verrichtungen unter extremen Bedingungen beobachtet, und gerade solche finden häufig statt in krankhaften Zuständen, in welchen zudem die Natur öfters in einer Weise experimentirt, wie es dem künstlichen Versuch geradezu unmöglich wäre. Einseitig ist somit die Definition der Physiologie als Lehre von den Körperfunctionen in gesunden Zuständen. Reil sagt »eigentlich hat die Physiologie, die den Lebensprozess in seiner Absolutheit anschaut, noch nichts mit dem Begriff der Gesundheit zu thun, der erst in der Hygieine entsteht«.

4. Untersuchungsobjecte.

1) Man sucht durch Combination physikalischer Hülfsmittel gewisse, im Organismus vorkommende Erscheinungen im Wesentlichen nachzuahmen, oder man untersucht die Umsetzungen, welche die chemischen Bestandtheile des Organismus, ausserhalb des letzteren unter gewissen Nebenbedingungen erleiden.

Solche Combinationen bieten zwar nur allgemeine Analogien mit manchen organischen Vorgängen, immerhin aber gestatten diese, verhältnissmässig einfachen Anordnungsweisen werthvolle Rückschlüsse wenigstens auf die allgemeinen Bedingungen und Gesetzmässigkeiten vieler physiologischen Erscheinungen. So ermittelt man z. B. gewisse Erschei-

nungen des Stoffwechsels an den viel einfacheren Vorgängen der physikalischen Endosmose; man baut hydraulische Apparate zur Versinnlichung von Einzelerscheinungen des Blutlaufes u. s. w.

2) Man benützt abgelöste Bestandtheile des Organismus, vorausgesetzt, dass dieselben ihre wesentlichsten Lebenseigenschaften noch bewahrt haben.

Man untersucht z. B. die Wirkungen der einzelnen, dem Körper entnommenen Verdauungssäfte auf die Nährstoffe; man erforscht die Gesetze der Muskelthätigkeit an auspräparirten Muskeln u. s. w. Die Analogie mit den Vorgängen im unversehrten Körper ist hier viel grösser als im ersten Fall.

3) Man erforscht die Lebenserscheinungen an gesunden oder erkrankten Organismen selbst, entweder beobachtend oder experimentirend, indem man in letzterem Fall den Organismus willkürlich, unter Umständen in eingreifender Weise (z. B. Vivisectionen) verändert. Dabei wird vorausgesetzt, dass der Versuch keine Störungen setze, deren Folgen ganz unberechenbar sind, wie es in vielen fehlerhaft angelegten Versuchen der Fall ist.

Dass der Organismus, wenn es irgend ausführbar ist, den Vorzug verdient vor den übrigen Versuchsobjecten, ist einleuchtend. Eine Hauptaufgabe der neueren Physiologie besteht darin, Mittel zu ersinnen, um die Verrichtungen am Menschen selbst untersuchen zu können. Sind diese Technicismen leicht und schnell ausführbar, so können sie auch in der ärztlichen Praxis unmittelbar verwendet werden.

5. Grade der physiologischen Erkenntniss.

1) Man kennt eine Erscheinung vorerst bloss an und für sich und nach ihren Aeusserlichkeiten (Beschreibende Physiologie). Im günstigsten Fall gelingt es, den Grössenwerth, in welchem die Erscheinung auftritt, zu messen (Aufstellung der so wichtigen Durchschnittswerthe und der Schwankungen, welche diese Werthe unter verschiedenen Nebenbedingungen zeigen).

2) Die regelmässige Aufeinanderfolge zweier Erscheinungen führt zur Vermuthung, dass sie sich verhalten wie Ursache und Wirkung; diese Vermuthung wird zur Gewissheit erhoben, wenn man durch Experiment oder Beobachtung nachweist, dass mit veränderter Grösse der Ursache die Grösse der Wirkung ebenfalls sich ändert. Die Formulirung der constanten Beziehungen zwischen einer Erscheinung und ihrer Ursache heisst das empirische Gesetz der Erscheinung. Diese Aufgabe wird übrigens dadurch erschwert, dass in der Regel eine physiologische Erscheinung von mehreren zusammenwirkenden Ursachen zugleich abhängt; daher hat man die Aufgabe, in der Gesammtwirkung die Einflüsse der Einzelursachen gesondert nachzuweisen.

3) Nach Ermittlung der Ursache einer Erscheinung sucht man sich über die Art und Weise ihrer Wirkung Rechenschaft zu geben, d. h. zur Theorie der Erscheinung zu gelangen.

Ein Beispiel wird diese 3 Stufen klar machen. Der Athemprozess ist begleitet von einer Ausscheidung von Kohlensäuregas aus dem durch die Lungencapillaren fliessenden Blut in die Luft der Lungenbläschen. Diese Kohlensäuremenge wird bestimmt, man erhält die betreffenden physiologischen Durchschnitts- und Grenzwerthe.

Man bemerkt ferner, dass die Kohlensäure zunimmt mit wachsender Zahl der Athemzüge; man ist selbst im Stande, die Abhängigkeit der Kohlensäurewerthe von der Fre-

quenz der Athemzüge (resp. der Menge der in einer bestimmten Zeit eingeathmeten Luft) in Zahlenwerthen nachweisen zu können. (Empirisches Gesetz.)

Aus letzteren Versuchen geht hervor, dass der procentige Kohlensäuregehalt der Lungenluft abnimmt mit zunehmender Zahl der Athemzüge. Darin liegt der Schlüssel zur Erklärung der Kohlensäureausscheidung überhaupt: man kommt zum Schluss, dass sie regulirt wird durch die Differenz der Spannungen der Kohlensäureatmosphäre der Lungenluft und der im Blut enthaltenen Kohlensäure. Die weiteren Vorstellungen über die Ursache, welche der moleculären Bewegung der mit einander in Berührung kommenden, differenten Gase zu Grunde liegen, gehören — obschon man solche keineswegs auszuschliessen pflegt — der Physiologie als solcher nicht mehr an. Gelingt es also, einen physiologischen Vorgang auf ein bekanntes Naturgesetz zurückzuführen und die speciellen physikalischen Bedingungen nachzuweisen, welche demselben zu Grunde liegen, so ist er physiologisch erklärt.

6. Das Organische im Gegensatz zur übrigen Natur.

Obschon wir berechtigt sind, die Natur einzutheilen in eine unorganische und eine organische, so gelingt es doch nicht, den Begriff des Lebens genügend definiren und allgemein gültige, scharfe Unterschiede zwischen Lebendigem und Unlebendigem aufstellen zu können.

Die in den höchst entwickelten Organismen ablaufenden Thätigkeiten sind: 1) solche, welche die vollkommenste, äussere und innere Analogie bieten mit Phänomenen der unorganischen Natur: 2) solche, welche principiell durchaus nicht verschieden sind vom unorganischen Geschehen, sondern bloss durch die mehr oder weniger eigenthümlichen und besondern Bedingungen, unter denen sie in die Erscheinung treten, z. B. die meisten Vorgänge des organischen Stoffwechsels; endlich 3) solche, die, äusserlich wenigstens, kein Analogon haben mit Erscheinungen der übrigen Natur. Manche dieser letzteren Phänomene lassen jedoch die Vorstellung recht wohl zu, dass sie das Resultat sein werden ausserordentlich complicirter, freilich gänzlich unbekannter physikalisch-chemischer Kräfte, z. B. die Befruchtung des Eies, während endlich andere, nämlich die seelischen Thätigkeiten, obschon dieselben constante Beziehungen zum Organismus selbst und der Aussenwelt bieten, gleichwohl auf der anderen Seite wiederum derartig isolirt und unvermittelt dastehen, dass sie sich nicht aus den Gesetzen der materiellen Welt begreifen lassen.

Daraus ergibt sich, was von eigenthümlichen Lebenskräften zu halten sei, mit denen der Vitalismus früher so freigebig war. Erfahrung und Ueberlegung führen die Physiologie wie die übrigen Naturwissenschaften zur Annahme der Unveränderlichkeit der Naturgesetze unter allen Umständen, so dass die der Physiologie anheimfallenden Erscheinungen nur betrachtet werden können als Folgen der unter ganz besonderen und eigenthümlichen, in der Regel künstlich nicht nachzuahmenden, Bedingungen, unter welchen die Naturkräfte im Organismus in Wirksamkeit treten. Gegenüber den psychischen Thätigkeiten aber, welche wir bloss in ihren Aeusserlichkeiten auffassen können, begnügt sich die Wissenschaft mit dem offenen Bekenntniss, dass sie jeder Erklärung unzugänglich sind.

Alle Probleme der Physiologie im engeren Sinne sind in letzter Instanz physikalisch-chemischer Natur. Die Lebenserscheinungen sind demnach zunächst erklärt, wenn es gelingt, sie zurückzuführen auf ihre mechanischen oder chemischen Bedingungen. Daran reiht sich die einer lebendigen Auffassung der Physiologie entsprechende Aufgabe, die Bedeutung dieser physikalisch-chemischen Vorgänge für den Organismus selbst, möglichst allseitig zu erforschen, d. h. die so mannigfaltigen und eigenthümlichen Verwerthungen physischer und chemischer Mittel für den organischen Haushalt kennen zu lernen. So sind z. B. die Einzelerscheinungen des Fliessens des Blutes in den Capillargefässen gut ableitbar aus mechanischen Bedingungen; die Aufgabe des Physiologen ist aber hier erst dann als erschöpft zu betrachten, wenn der Nachweis gelingt, welche Bedeutung diese Erscheinungen, z. B. das langsame Strömen, die Bildung einer blutkörperchenfreien Wandschicht u. s. w. für die übrigen Functionen, z. B. die Ernährung, haben.

7. Organische Vielseitigkeit und Veränderlichkeit.

Jeder höhere Organismus bietet eine ausserordentliche Mannigfaltigkeit von Einzelleistungen. Dadurch unterscheidet er sich wesentlich von den zusammengesetztesten und kunstvollsten Arbeitsmaschinen, welche, gegenüber dem wunderbaren Mechanismus des Thierleibes, immer nur höchst einfache und auf wenige Endzwecke gerichtete Vorrichtungen darstellen. Es ist nicht etwa die grössere Exactheit der organischen Leistung — häufig genau übertreffen sogar hierin die Arbeitsmaschinen oder physikalischen Apparate die analogen Einrichtungen des Organismus, so z. B. stellt man dioptrische Vorrichtungen her, welche das Licht regelmässiger brechen und noch schärfere Bilder entwerfen als die dioptrischen Mittel des Auges — sondern eben die Vielseitigkeit, welche den Organismen eine grosse Ueberlegenheit über die Leistungen der Mechanik verleiht..

Diese Vielseitigkeit findet sich sogar bei den organischen Einzelleistungen, indem jede, auf den ersten Blick für einen bestimmten Effect geschaffene Einrichtung eine Reihe von Nebeneffecten setzt, welche für andere Functionen, ja selbst für den Gesammtorganismus bedeutungsvoll werden.

Ein bestimmter organischer Process kann nur so und nicht anders ablaufen, weil das Eingreifen der ihn veranlassenden Ursachen wiederum an eine Menge anderweitiger, mit den übrigen Functionen zusammenhängenden Nebenbedingungen geknüpft ist. Solchen ungeahnten Verwickelungen gegenüber erweist sich die teleologische Auffassung der Einzelvorgänge des Lebens als unwissenschaftlich, oberflächlich und oft genug geradezu lächerlich.

Indem die physiologischen Phänomene ausgezeichnet sind durch ihre oftmals ausserordentlichen Verwickelungen und jeder, selbst ein verhältnissmässig einfacher, Vorgang abhängt von einer Mehrheit oder Vielheit von Bedingungen, während er wiederum eine Vielheit von Wirkungen setzt, so müssen der physiologischen Forschung ungleich grössere Hindernisse entgegentreten, als es der Fall ist in den übrigen erklärenden Naturwissenschaften. Diese Vielgestaltigkeit der physiologischen Phänomene ist aber auch in hohem Grade geeignet, jedem einzelnen Abschnitt der Physiologie einen eigenthümlichen Reiz der Neuheit und Originalität zu verleihen und das Studium zu einem der interessantesten im Gesammtgebiet des Naturwissens zu machen.

Mit der Mannigfaltigkeit der Leistungen hängt zusammen die Veränderlichkeit des Organismus im Ganzen und in seinen einzelnen Verrichtungen.

Die Massen, aus welchen der Körper besteht, geben physikalischen wie chemischen Anstössen leicht nach, vermöge ihrer labilen Anordnungsweise und der geringen Affinität, welche die näheren Bestandtheile vieler organisch-chemischen Verbindungen gegen einander äussern.

So macht z. B. die leichte Zersetzbarkeit vieler organisch-chemischen Verbindungen die Entscheidung oft äusserst schwierig, ob ein chemischer Körper im lebenden Gewebe bereits enthalten ist, oder ob er erst in Folge nachträglicher chemischer Processe unter der Hand des Beobachters sich bildet.

Eine und dieselbe Grösse einer physiologischen Leistung kann ermöglicht werden durch wechselnde Intensitäten ihrer einzelnen Ursachen. Bei abnehmender Grösse einer oder mehrerer Ursachen können nämlich anderweitige Ursachen mit erhöhter Stärke eingreifen, so dass für die Endleistung der frühere Intensitätswerth gesichert bleibt. Jede Function bietet Beispiele dieses, im Organismus in viel vollkommenerer Weise als in künstlichen Apparaten realisirten, und dem Leben in hohem Grade zu gut kommenden Compensationsvermögens dar. So kann, um nur ein einfaches Beispiel anzuführen, in einer gegebenen Zeit dasselbe Volum Ausathmungsluft geliefert werden durch die mannigfaltigsten Combinationen der Dauer und Tiefe der Athemzüge.

8. Gliederung der organischen Functionen.

1) Vegetative Verrichtungen: d. h. die Erscheinungen des Ortswechsels der organischen Materie und des Stoffumsatzes. Charakteristisch für das Leben ist die Bewegung, der Umtrieb der Bestandtheile des Körpers. Diese Bewegungen sind entweder reine Ortsbewegungen (abhängig von Schwerewirkungen, oder von bloss in die nächste Nähe wirkenden Molecularkräften). Ein Molekel wird, ohne seine chemische Constitution zu ändern, nach und nach integrirender Bestandtheil verschiedener Körpertheile und ist dadurch befähigt, die verschiedensten Leistungen mit bedingen zu helfen. Oder diese Bewegungen sind verbunden mit chemischen Veränderungen, indem ein chemischer Bestandtheil eine Reihe von Umsetzungen eingeht. Die wichtigsten der hieher gehörigen Einzelverrichtungen sind: Verdauung, Aufsaugung, Chylus- und Blutbildung, Blutumlauf, Ernährung der Organe, Lymphbildung, Athmen, Hautausscheidungen, Harnbildung, thierische Wärme und endlich die, eine Gruppe für sich bildenden, generativen Functionen.

2) Animale Functionen, als charakteristisch für das Thier gegenüber der Pflanze. Darunter begreift man die Muskelthätigkeiten, Sinnesempfindungen, die Gemeingefühle und die psychischen Thätigkeiten.

Da die Nerven und Muskeln vielfach in die vegetativen Thätigkeiten eingreifen, so verbinden wir mit der Betrachtung der Einzelfunctionen des vegetativen Lebens die zu diesen gehörenden Leistungen des Nerven- und Muskelsystems und befolgen zunächst die nachstehende Eintheilung des Stoffes:

1) Physiologische Grundfunctionen, d. h. diejenigen, deren Kennt-

niss bei den Einzelfunctionen vorausgesetzt werden muss, da sie in jede oder doch eine Anzahl der letzteren mehr oder minder eingreifen. Wir stellen demnach voran: das Blut, die Grunderscheinungen des Stoffwechsels, die allgemeine Nerven- und Muskelphysiologie, die thierische Elektricität und die allgemeine Mechanik der Skeletbewegungen.

2) Specialfunctionen. Diese stellen oftmals sehr verwickelte Phänomencomplexe dar, welche aber, insofern sie bestimmte und eigenthümliche Endleistungen setzen, zunächst als abgesonderte Glieder des Ganzen aufgefasst werden können und bis zu einem gewissen Grade einer isolirten Betrachtung fähig sind.

Physiologie der Grundfunctionen.

II. Blut.

9. Organisation.

Das Blut, welches in beständigem Kreislauf in einem, in sich geschlossenen, vielverzweigten Röhrensystem umgetrieben wird, besteht aus der schwach gelblich gefärbten Blutflüssigkeit (Plasma) und den in dieser schwimmenden zuerst von Malpighi und Leeuwenhoek beschriebenen Blutkörperchen. Letztere stellen bei den Wirbelthieren entweder kreisrunde Scheiben mit schwacher Vertiefung in der Mitte jeder der beiden Scheibenflächen dar (Säugethiere), oder sie sind elliptisch (übrige Wirbelthierklassen). Wegen des Baues der Blutkörperchen wird auf die Lehrbücher der mikroscopischen Anatomie verwiesen. Der grosse Durchmesser des menschlichen Blutkörperchens beträgt im Mittel $^1/_{132}$ Millimeter, der kleine etwa $4^1/_2$ mal weniger. Neben den gefärbten enthält das Blut sparsame, den Formbestandtheilen der Lymphe, den sog. Lymphkügelchen gleichende farblose Körperchen (J. Müller) von kugeliger Form, granulirt auf ihrer Oberfläche und weniger zur Endosmose geneigt, also mit trägerem Stoffwechsel begabt, als die farbigen Körperchen.

Die meisten farblosen Blutkörperchen bilden bei einer Temperatur von etwa 40° C. Fortsätze, die wiederholt zurück- und vorgezogen werden; auch nehmen sie feinvertheilte Farbstoffe (Carmin, Indigo) in sich auf (M. Schultze).

Auch die Schläge der Elektrisirmaschine oder des Inductionsapparates verändern die Blutkörperchen (Rollet, Neumann). Leitet man durch einen Blutstropfen starke Inductionsströme, so werden die Körperchen kugelförmig und fliessen zur Bildung grösserer Tröpfchen zusammen. Dabei geben die rothen Blutkörperchen den Farbstoff an das Plasma ab.

10. Menge der Blutkörperchen.

Auf etwa 350 farbige kommt ein farbloses Körperchen (Moleschott); im Milzvenenblut jedoch finden sich letztere in sehr grosser Menge. Die Körperchen sind selbst in einem winzigen Bluttröpfchen zahllos; die absolute Menge derselben in einem gegebenen Blutvolum kann jedoch bestimmt werden

(Vierordt), wenn man 1) ein minimstes, also verhältnissmässig wenige Körperchen enthaltendes, Volum verdünnten Blutes scharf abmisst und 2) daraus ein Präparat herstellt, in welchem die Körperchen, gut erhalten, genau gezählt werden können. 1 Kubikmillimeter Menschenblut hält nahezu 5 Millionen Blutkörperchen (also etwa 14,000 farblose). Die Zahlen schwanken schon bei gesunden Thieren derselben Art innerhalb weiter Grenzen, was auch Nasse und Stöltzing bestätigen. Kaninchen 2,700,000 bis fast 6 Millionen, Hund 4,090,000 bis 5,460,000; Murmelthier zu Anfang des Winterschlafes 5,800,000, zu Ende 2,300,000.

Technik der Blutkörperchenzählung. Zuerst wird ein abgemessenes Blutvolum durch Zusatz eines grossen Volums eines passenden Menstruums (schwache Lösung von Zucker und etwas Kochsalz) verdünnt und in letzterem durch Umrühren gleichmässig vertheilt. Dann lässt man in eine feine Capillare, die zur bequemeren Handhabung in ein weiteres Glasröhrchen eingefügt ist, Figur 1, eine winzige Menge der Mischung aufsteigen und bestimmt unter dem Mikroskop die Länge a—a¹ der Flüssigkeitssäule der Capillare, deren Lumen genau bekannt ist. Man kennt demnach das Volum der Mischung und aus der bekannten Verdünnung (etwa 1000) das Volum des reinen Blutes. Der Inhalt der Capillare wird alsdann auf ein Glasplättchen entleert, das Entleerte mittelst einer Nadelspitze mit einem Minimum Gummilösung vermischt und zu einem länglichen Streifen ausgezogen, welcher sogleich erstarrt und die Blutkörperchen, wie eine Sternkarte enthält. Das Präparat wird mit einem, in viele Quadrate getheilten Glasmikrometer bedeckt und dann die Blutkörperchen der einzelnen Quadrate, Figur 2, der Reihe nach gezählt. Zu einer Bestimmung genügt ein Blutvolum von etwa 0,0005—0,0008 Kub. Millimet., sodass bloss etwa 2000—3000 Körperchen, was ungefähr 1 Stunde beansprucht, gezählt werden müssen. Controllzählungen, indem dasselbe Blut in verschiedener Weise verdünnt, oder Capillaren von verschiedenen Durchmessern angewandt, oder endlich selbst reines Blut in die Capillare aufgesaugt wurde, zeigen, dass die Zählungen meistens bloss um 2—3%, selten bis 5% von einander abweichen.

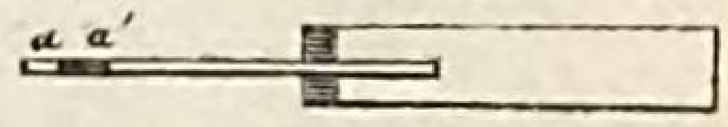
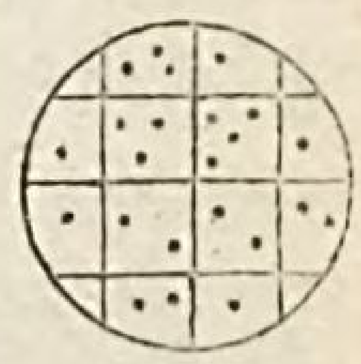


Fig. 1.


Fig. 2.

Das Verfahren dient auch zur Zählung der mikroskopischen Elemente anderer Säfte. Bei der Lymphe verwendet Nasse die unvermischte Flüssigkeit, von der er etwa 1 C. M. M. in die Capillare aufsteigen lässt. Vor der Zählung lässt Nasse zwischen die beiden, das getrocknete Präparat einschliessenden Gläser sehr verdünnte, mit etwas Jod versetzte Essigsäure einfliessen, wodurch die Lymphkörperchen leicht erkennbar werden.

11. Chemische Blutbestandtheile überhaupt.

Das specifische Gewicht des Menschenblutes beträgt 1055, die physiologischen Schwankungen liegen etwa zwischen 1045—1060. Keine Flüssigkeit des Organismus enthält so zahlreiche Einzelbestandtheile von verschiedener physiologischer Dignität, wie das Blut. Man unterscheidet 1) das Wasser, als allgemeines Menstruum; 2) Stoffe, die dem Blute eigenthümlich sind, z. B. das Hämatoglobulin; 3) solche, die zur Ernährung der Gewebe dienen, z. B. Eiweiss; 4) Ausscheidungsstoffe, die in den Organen oder in der Blutmasse selbst gebildet und in bestimmten Ausscheidungsorganen aus dem Blute entfernt werden. 5) Zufällige Bestandtheile, z. B. von Medicamenten: dieselben behaupten sich eine Zeit lang im Organismus, um endlich verändert oder unverändert wieder ausgestossen zu werden.

Das arterielle Blut ist jeweils gleich zusammengesetzt in allen Arterien; in den Haargefässen aber tritt das Blut mit den Organen in Wechselwirkungen, die nach Qualität und Quantität von der Natur der Organe selbst abhängen. Desshalb kann das zurückfliessende Venenblut in den verschiedenen Venen nicht genau gleiche Beschaffenheit haben. Diese Verschiedenheiten sind aber nur gering, ja sogar der Analyse in der Regel nicht einmal zugänglich, weil die Blutmasse, die in einer gegebenen Zeit einem Organ zuströmt, ausserordentlich grösser ist als die Massen, die das Blut an das Organ abgiebt und von demselben aufnimmt; es strömen z. B. ungefähr 700 Pfunde Blut in 24 Stunden durch die Nieren, während bloss 2—3 Pfunde Harn gebildet werden.

Die chemischen Bestandtheile des Blutes zerfallen in

1) Eiweisskörper (Eiweiss, Faserstoff, Hämatoglobulin).

2) Fette. Die wichtigsten Blutfette sind a) sog. neutrale Fette (namentlich Palmitin und Oleïn); b) verseifte Fette (palmitin- und oleinsaure Alkalien); c) sogenannte Lipoide, namentlich das Cholesterin. Nach reichlicher Fettnahrung kann das Plasma weisslich getrübt sein durch feine Fetttröpfchen.

3) Zahlreiche organische Verbindungen, meistens in nur minimalen Mengen. Hieher gehören namentlich 1) Oxydationsstufen (Produkte der chemischen Rückbildung) der Eiweisskörper z. B. Kreatin und (? s. 248) Kreatinin, Harnstoff, Harnsäure; 2) Traubenzucker; 3) Flüchtige Säuren aus der Gruppe der Ameisensäure (Ameisensäure, Essigsäure, Capronsäure u. s. w. gebunden an Alkalien). Diese Säuren entwickeln sich aus dem Blute namentlich nach Schwefelsäurezusatz; sie sind theilweis Ursache des Blutgeruchs, der namentlich kräftigen Individuen männlichen Geschlechts und zur Zeit der Geschlechtsreife eigenthümlich ist.

4) Gase, 5) anorganische Salze, 6) Wasser.

1000 Theile Menschenblut enthalten

	Wasser . . .	785	Faserstoff . . .	$2^1/_2$
Hämatoglobulin	Hämatin . .	8	Fette	$2^1/_2$
Hämatoglobulin	Globulin . .	120	Extractivstoffe .	2
	Eiweiss . . .	70	Mineralsubstanzen	8

Die herkömmliche Blutanalyse bezieht sich auf das Gesammtblut und lässt keine gesonderten Ausdrücke zu für die Zusammensetzung des Plasma einerseits und der Blutkörperchen andererseits.

1000 Theile Plasma enthalten: Wasser 900, Eiweiss 80, Faserstoff 5, Fette 2, Extractivstoffe 4, Mineralsubstanzen 9.

Würde man nun die Menge des Plasma in einem gegebenen Volum Blut kennen, so könnte, indem man von den Zahlen der Bestandtheile des Gesammtblutes diejenigen des Serum (Plasma) abzieht, die % Zusammensetzung der Blutkörperchen ermittelt werden. Man kennt aber den Antheil des Plasma in einem bestimmten Blutvolumen nicht mit genügender Sicherheit, sodass die vorliegende Aufgabe vorerst ungelöst bleibt.

Die Körperchen sind ärmer an Wasser, Chlor, Schwefelsäure, Natron, Kalk, Magnesia und Extractivstoffen; reicher aber an Fetten, Phosphorsäure und Kali (Lehmann, Denis, C. Schmidt). Hämato-Globulin gehört ausschliesslich den Blutkörperchen an, welchen dagegen der Faserstoff gänzlich und das Eiweiss fast gänzlich fehlt.

12. Eiweisskörper des Blutes.

I. Das Eiweiss, ohne Zweifel der Mutterstoff der verschiedenen Eiweisskörper der Gewebe, kommt im Plasma vor als freies (bei 73° C. coagulirendes) Albumen, dessen Löslichkeit durch den Salzgehalt des Plasma begünstigt wird. Gewisse Antheile Eiweiss sind mit Alkalien verbunden; das Natron- und Kalialbuminat ist leichter löslich.

II. Faserstoff. Dieser, nur dem Plasma angehörende Bestandtheil ist ausgezeichnet durch seine spontane Abscheidung aus dem Blut, wenn dasselbe aus der Ader gelassen wird. Schon Hewson bewies, dass das coagulirende Princip des Blutes im Blutplasma enthalten ist. Er versetzte frisches Blut mit einer Salzlösung, welche die Gerinnung verhütet. Nachdem die Körperchen sich etwas gesenkt hatten, wurde die farblose obere Schicht abgenommen und mit Wasser versetzt, worauf ein farbloses Gerinnsel sich bildete. Der Blutfaserstoff löst sich leicht in warmen Lösungen neutraler Alcalisalze; aus diesen Lösungen wird durch Säurezusatz ein Gerinnsel gefällt, das nicht mehr die Eigenschaften des geronnenen Faserstoffs, sondern des Eiweiss hat.

Der Faserstoff präexistirt im Blute nicht als solcher; s. § 15.

III. Hämatoglobulin, die Eiweisssubstanz der Blutkörperchen, und Ursache deren rother Färbung. Es ist leicht löslich in verdünnten Alkalien und ausgezeichnet durch seine Crystallisationsfähigkeit.

Setzt man zu einem Tröpfchen eintrocknenden Blutes einen Tropfen Wasser, so geben die Blutkörperchen, welche theilweise, oder vollständig verschwinden, ihre Bestandtheile an letzteres ab; trocknet die Mischung unter einem Deckplättchen ein, so bilden sich, wie Funke zuerst fand, zahlreiche röthliche Krystalle in Form feiner vierseitiger Prismen, Rechtecke oder rhombischer Tafeln.

Man kann durch verschiedene Verfahrungsweisen, welche den Uebergang des Hämatoglobulins aus den Blutkörperchen in das Plasma begünstigen, oder die Körperchen vollständig auflösen, die Krystalle auch im Grossen darstellen. Mehrmals abwechselndes Gefrieren und Wiederaufthauen des Blutes, namentlich bestimmter Thiere, giebt nach Rollet unter gewissen Nebenbedingungen einen voluminösen Niederschlag von Krystallen. Kräftige Schläge der Elektrisirmaschine, Aether, gallensaure Alkalien u. s. w., insoferne sie die Blutkörperchen auflösen, leiten ebenfalls die Krystallbildung ein.

Das Hämatoglobulin ist sehr leicht (durch Wärme, Säure, Alkalien u. s. w.) zersetzbar in 1) einen Eiweisskörper, gewöhnlich Globulin genannt. Aus seinen Lösungen wird es gefällt durch einen Kohlensäurestrom; das Präcipitat löst sich beim Durchleiten von Sauerstoff oder atmosphärischer Luft wieder auf. 2) Das zweite Zersezungsprodukt ist ein, etwa 6% des Hämatoglobulins betragender Farbstoff, Hämatin, ein rothbraunes Pulver, unlöslich in Wasser, Alcohol und Aether und ausgezeichnet durch einen gegen 7% betragenden Eisengehalt.

Globulin und Hämatin sind demnach in den Blutkörperchen nicht präformirt, sondern Zersezungsprodukte des Hämatoglobulins des lebenden Blutes.

13. Blutfarbe.

Ursache der rothen Farbe des Blutes ist das Hämatoglobulin der Blutkörperchen. Mit zunehmender Zahl der Blutkörperchen und zunehmendem Hämatoglobulingehalt der einzelnen Zellen nimmt desshalb die Intensität der Färbung zu.

Das Blut der Wirbellosen ist farblos oder verschieden tingirt, namentlich gelblich und grünlich. Rothe Färbung kommt nur ausnahmsweis vor, z. B. im Regenwurm (Lumbricus terrestris) und einigen Insektenlarven und zwar zeigt nach Rollet dieser Farbstoff die Eigenschaften des Hämatoglobulins. Die Blutfärbung bei den Wirbellosen wird übrigens, im Gegensatz zu den Wirbelthieren, durch das Blutplasma bedingt; die Körperchen selbst sind farblos.

Da das Hämatoglobulin in den Blutkörperchen eingeschlossen ist und im Plasma fehlt, so müssen Veränderungen der Gestalt der Blutkörperchen und der Uebertritt von Hämatoglobulin in das Plasma die Blutfarbe nothwendig modificiren. Zusäze zum Blut, wodurch die Körperchen aufquellen oder zum Theil gelöst werden, z. B. Wasser oder sehr verdünntes Salzwasser, machen das Blut im durchfallenden Licht heller. Da dieses Blut das Licht leichter durchlässt, also weniger reflectirt, so erscheint es im auffallenden Licht dunkeler roth. Andere Zusäze, z. B. concentrirtere Lösungen neutraler Alkalisalze entziehen den Körperchen Wasser und machen sie zackig; die Körperchen werden dadurch undurchsichtiger, sodass das Blut im auffallenden Licht heller, im durchfallenden dunkeler wird.

Die dunkelere Farbe des venösen Blutes, gegenüber dem hellrothen arteriellen hängt von chemischen Veränderungen des Hämatoglobulins ab (s. 197).

Unter den optischen Eigenschaften des Blutes ist die wichtigste die **Absorption gewisser Spectralfarben durch das Blut**. Lässt man Sonnenlicht in ein sonst dunkeles Zimmer durch eine kleine Oeffnung treten, hinter welcher ein Prisma, *p* Fig. 3 sich befindet, so wird das Licht, weil es Strahlen verschiedener Brechbarkeit enthält, zerlegt; man erhält die bekannte Reihe der Spectralfarben *r*—*v*. Die am wenigsten durch das Prisma abgelenkten Strahlen *r* sind roth, die am stärksten abgelenkten *v* violett, als Grenzen des gewöhnlichen Sonnenspectrum's. Fig 5 *A* gibt die spectralen Hauptfarben, sammt einigen dunkelen Linien Fraunhofer's, die zur genaueren Bezeichnung der Einzelstellen des Spectrum's dienen.

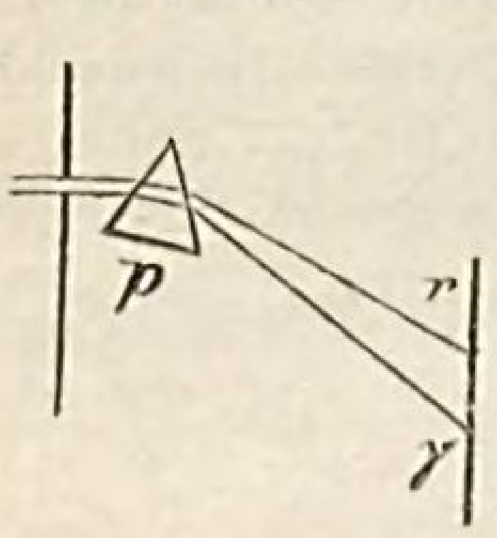


Fig. 3.

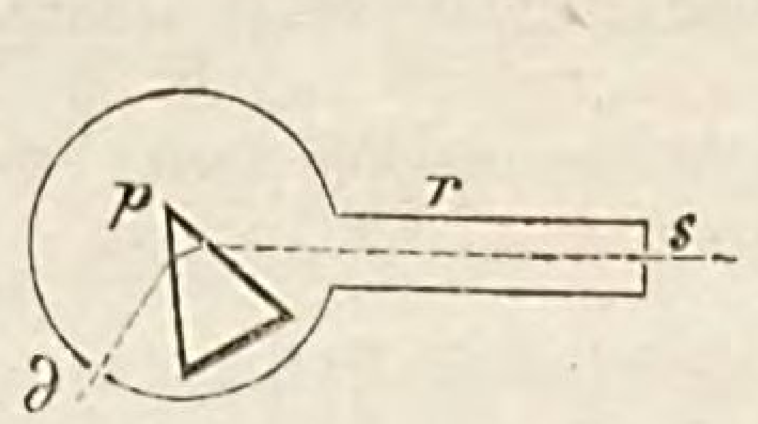


Fig. 4.

Fig. 4 zeigt das Spectroscop von Mousson im Durchschnitt. Ein Schwefelkohlenstoffprisma *p* befindet sich in einem, innen geschwärzten runden Kästchen, das mit einem Auszugsrohr *r* versehen ist, welches durch die schmale Spalte *s* Licht durchlässt, indem man die Spalte z. B. gegen den Himmel hält. Das vom Prisma entworfene Spectrum wird an der

Durchsichtsöffnung *d* betrachtet. Man erhält ein ungefähr $1^1/_2$ Centimeter langes und schon bei mässigem Licht helles Spectrum (s. Fig. 5 *A*).

Zu genaueren Untersuchungen wird das Spectrum mittelst Fernrohrs betrachtet und zugleich das Bild einer erleuchteten Scala auf das Spectrum geworfen, wodurch die Einzelstellen des Spectrums genau bezeichnet werden können (Kirchhoff-Bunsen'scher Spectralapparat).

Viele Farbstoffe absorbiren Lichtstrahlen von bestimmten Brechbarkeiten; leitet man das Sonnenlicht durch eine verdünnte Farbstofflösung, welche sich in einem schmalen Glasgefäss mit planparallelen Wänden vor dem Prisma befindet, so entstehen an gewissen Stellen des Spectrums dunkele Streifen, da die betreffenden Strahlen ausgelöscht werden.

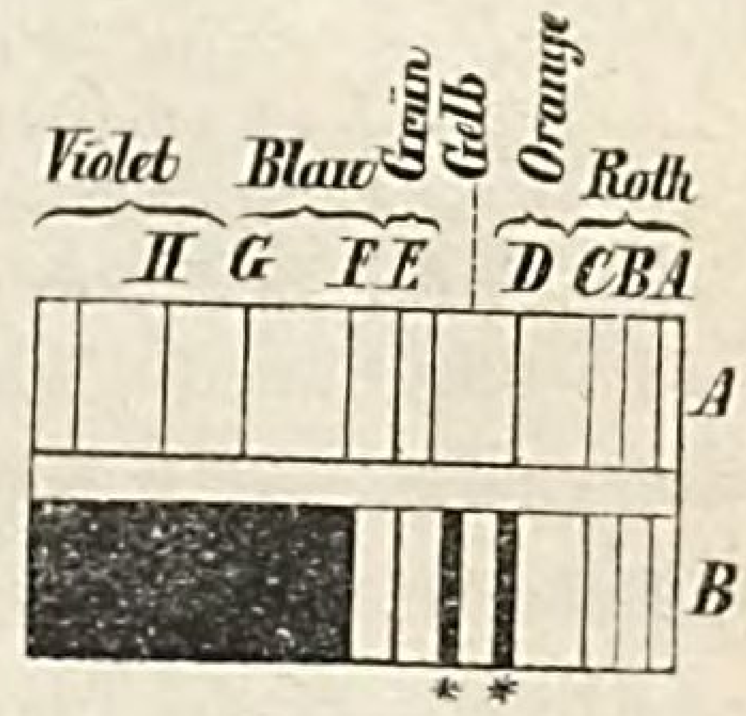


Fig. 5.

Auch der Blutfarbstoff (resp. Hämatoglobulin) bringt nach Hoppe-Seyler und Valentin Absorptionserscheinungen hervor; dickere Schichten, vor die Spalte *s* des Spectroscopes gehalten, bilden bloss einen lebhaft rothen Streifen von *A* bis *D*, von wo an das Spectrum aufhört. Verdünntes Blut dagegen gibt 2 constante dunkele Streifen im Gelb und Grün zwischen den Linien *D* und *E* (Fig. 5 *B* * *); bei einer stärkeren Concentration hört das Spectrum etwa bei *F* auf, während die Absorptionsstreifen * * breiter werden. Spuren der Absorptionsstreifen sieht man noch bei sehr grosser Verdünnung, wenn die Blutlösung kaum noch spurweis gelblich gefärbt ist.

Hat man nur ein winziges Fleckchen vertrockneten Blutes, so ist folgendes Verfahren bei der forensischen Prüfung auf Blutspuren empfehlenswerth. Man löst den Blutfleck in einem Tröpfchen Wasser auf und lässt die Lösung in eine feine Capillare aufsteigen, die man in den Spalt des Spectroscopes der Länge nach einfügt. Die beiden Absorptionsstreifen sind auch hier vollkommen charakteristisch. Zu einer solchen Probe genügt nach Leube ein ursprüngliches Blutvolum von bloss $^1/_8$ Cub. Millimeter.

Zusäze zum Blut, welche das Hämatoglobulin zersezen und Hämatin frei machen, vernichten beide Absorptionsstreifen. Bindet man das Hämatin an Säuren, z. B. Essigsäure, so entsteht ein schwarzes Band zwischen *B* bis hinaus über *C*. Bindet man das Hämatin an Ammoniak oder fixe Alkalien, so entsteht ein schwarzes Band zwischen *C* und *D*.

Wird dem Hämatoglobulin Sauerstoff entzogen, z. B. durch Zusaz von Schwefelammonium oder mittelst eines anhaltenden Kohlensäurestromes, so verschwinden die zwei Absorptionsstreifen, wogegen zwischen *D* und *E* ein neuer Streif auftritt. Schüttelt man dann die Blutlösung mit atmosphärischer Luft, so treten die gewöhnlichen Absorptionsstreifen wieder auf (Stokes).

14. Gerinnung des Blutes.

Das Blut erstarrt 4 bis längstens 10 Minuten nach seiner Entfernung aus dem Gefässsystem zu einer weichen Gallerte, welche bald darauf sich zusammenzuziehen und fester zu werden beginnt, wobei sie eine Flüssigkeit, das Serum austreibt. Dieses Stadium dauert 6—12 Stunden, in einzelnen Fällen aber viel länger. Bei der Gerinnung wird Wärme frei (Schiffer). Das Blut ist nunmehr geschieden in den intensiv rothen Blutkuchen und das schwach gelblich gefärbte Blutwasser (Serum). Das Serum ist zu betrachten als Blutplasma minus Faser-

stoff. Es hat ein specifisches Gewicht von 1028 (1025—1030) und reagirt alkalisch, jedoch schwächer als das im Körper circulirende Blut (Zuntz). Der Blutkuchen (Placenta) besteht 1) aus zahllosen, vielfach sich durchkreuzenden feinen, Faserstofffäden, in deren Zwischenräumen 2) die Blutkörperchen vertheilt sind, und 3) aus einem, in verschiedenen Placenten sehr wechselnden, Antheil nicht ausgepressten Serums.

Die Gerinnung der ganzen Blutmasse wird verhütet durch Umrühren des frischen Blutes mit einem Stab. An diesen legt sich ein zäher rother Klumpen an, der aus niedergeschlagenem Faserstoff und Blutkörperchen besteht, während das flüssige (defibrinirte) Blut ein blutkörperchenhaltendes Serum darstellt. In letzterem senken sich die Körperchen, beim längern ruhigen Stehenlassen, ein wenig; viel stärker aber, wenn das Blut der Wirkung der Centrifugalkraft ausgesetzt wird. Man erhält dann eine blutkörperchenfreie, farblose Schicht, von dem gleichen specifischen Gewicht und Wassergehalt wie das von demselben Blut durch Gerinnung ausgepresste Serum. Der sich zusammenziehende Blutkuchen treibt somit nicht, wie man wohl vermuthen könnte, Bestandtheile der Blutkörperchen aus.

15. Ursachen der Gerinnung des Blutes.

Die Gerinnung ist die Folge der Präcipitation des im fliessenden Blut aufgelöst enthaltenen »Faserstoffs«. A. Schmidt unterscheidet

I. Die gerinnungserregende Substanz. Wird Blutserum oder besser frisches defibrinirtes Blut zu Chylus oder zu pathologischen serösen Ausschwitzungen, z. B. Hydroceleflüssigkeit gesetzt, so gerinnen dieselben schnell. Ohne den Zusatz wäre die Gerinnung des Chylus viel später, die jener Ausschwitzungen gar nicht oder nur sehr unvollkommen erfolgt. Vorzugsweis wirksam ist der Körper (Globulin), welcher aus dem mit Wasser stark verdünnten Blutserum durch den Kohlensäurestrom (12) niederfällt. Das Serum verliert seine Fähigkeit als Gerinnungserreger, wenn man es mit Wasser verdünnt und sodann durch einen Kohlensäurestrom das Globulin ausfällt. Auch die Blutkrystalle wirken gerinnungserregend, insofern sich aus ihrer Lösung nach Schmidt eine gewisse Menge Globulin spontan abscheidet. Jedenfalls ist die Gerinnungserregende Substanz ein Bestandtheil der Blutkörperchen.

Mit Ausnahme der Milch werden alle Eiweisshaltenden thierischen Säfte durch genannte Zusätze zur Gerinnung gebracht, dieselben bleiben gewöhnlich bloss desshalb flüssig, weil ihnen der Gerinnungserreger fehlt. Da die Lymphe von selbst gerinnt, so enthält sie den Gerinnungserreger ebenfalls; derselbe kommt auch in den Augenflüssigkeiten, der Synovia, Hornhaut und verschiedenen anderen Geweben vor.

Was die Blutgase betrifft, so ist der gewöhnliche Sauerstoff an sich indifferent, denn das Blut gerinnt auch unter der Luftpumpe oder, wenn es, vor Luftzutritt geschützt, aus der Ader gelassen wird; auch können die oben erwähnten Flüssigkeiten nach Zusatz von Sauerstofffreigemachtem Blut zur Gerinnung gebracht werden. Dagegen wird durch Kohlensäure die Gerinnung entschieden verlangsamt; bei Athemhemmung und Erstickungstod, wenn sie langsam erfolgen, bleibt nach Nasse das Blut länger als gewöhnlich flüssig. Der Luftzutritt beschleunigt das Gerinnen vorzugsweis durch das Entweichen

der Kohlensäure. Gänzlich verhindert wird die Gerinnung durch viele Zusätze zum Blut, z. B. kaustische Alkalien, die Salze der Alkalien u. s. w.

Ohne Gerinnungserreger ist keine Gerinnung möglich. A. Schmidt sonderte von dem langsam gerinnenden Pferdeblut eine Schicht Plasma ab, welches an sich gerinnungsfähig ist, versetzte dasselbe mit Wasser und fällte das Globulin durch einen Kohlensäurestrom, worauf die Flüssigkeit ihre Gerinnungsfähigkeit verlor; sie gerann aber, als sie mit dem in Alkali gelösten Globulinniederschlag versetzt wurde. Mit der Gerinnungserregenden Substanz ist sehr nahe verwandt:

II. Die Gerinnungsfähige Substanz. Schmidt fällte aus verdünntem Pferdeblut das Globulin mittelst eines Kohlensäurestromes und machte einen kleinen Zusatz von absolutem Alcohol zum Blut. Es entstand allmälig ein flockiger Niederschlag, der in verdünnter Natronlösung gelöst wurde. Diese Lösung erwies sich als eine künstliche fibrinöse Flüssigkeit; sie gerann nach Zusatz von in Alkali gelöstem Globulin. Die in der eben erwähnten künstlichen fibrinösen Flüssigkeit enthaltene gerinnungsfähige Substanz wird, wie die gerinnungserregende, ebenfalls durch den Kohlensäurestrom niedergeschlagen; jedoch weniger leicht. Enthält eine Flüssigkeit beide Substanzen, so wird durch Kohlensäure die erstere zuerst gefällt.

Die speciellen chemischen Vorgänge bei der Gerinnung sind noch nicht vollständig erforscht. A. Schmidt neutralisirte Pferdeblutplasma mit Essigsäure, fand nach der Gerinnung wieder eine schwach alkalische Reaction, und nimmt desshalb an, dass beim Gerinnen Alkali frei werde. (Eine gegentheilige Angabe, betr. die geringere Alkalescenz des Serum's s. §. 14.) Schmidt vermuthet, sowohl der Gerinnungserreger als die gerinnungsfähige Substanz geben Alkali her, und verbinden sich zu »Faserstoff«, während ein Ueberschuss der gerinnungserregenden Substanz im Serum in Lösung verbleibe. Der Faserstoff ist somit als solcher im Blute nicht vorgebildet, sondern er entsteht aus jenen beiden Componenten, wenn dieselben in Folge des Austrittes von einem Theil ihres Alkali's ihre gegenseitige Affinität ungehindert geltend machen können. Je alkalischer das Blut ist, desto mehr bleibt von den Componenten des Faserstoffs in Lösung und desto weniger Fibrin fällt nieder. Die kaustischen, die kohlensauren und neutralen Alkalien, Säuren und viele andere chemische Körper hemmen die Gerinnung, weil ihre Affinität zu den Componenten des Faserstoffs gross ist.

16. Ursachen des Flüssigbleibens des lebenden Blutes.

Nach dem vorigen §. ist zu erwarten, dass im Gefässsystem irgend welcher Einfluss die Faserstoffcomponenten oder nur einen derselben, z. B. den Gerinnungserreger, verhindern, ihre specifischen Eigenschaften geltend zu machen, sodass das Blut flüssig bleibt.

Nach A. Schmidt soll diese Wirkung abhängen vom Ozon, jener Sauerstoffmodification, welche (205) beim Athmen eine so bedeutende Rolle spielt. Schmidt verhinderte die Gerinnung kleiner Mengen gelassenen Blutes oder verdünnten Pferdeblutplasma's in einen Raum, dessen Luft stark ozonisirt war. Dessgleichen fand er, dass unter denselben Umständen die Gerinnungsfähige Substanz, z. B. Pericardiumflüssigkeit, sowie auch der Gerinnungserreger (Glo-

bulin) ihre Wirksamkeit schnell verlieren, ohne sonst nachweisbare chemische Veränderungen zu erleiden.

Das Ozon greift die Blutkörperchen an, wobei das Hämatoglobulin in das Plasma übergeht. Die Blutkörperchen werden blass und verschwinden schliesslich. Das Hämatoglobulin zerfällt durch die Ozonwirkung in seine beiden Componenten: 1) Hämatin, das schnell oxydirt wird zum Plasmafarbstoff, der Ursache der gelblichen Färbung des Serum's und 2) Globulin, das, durch Ozon schnell oxydirt, verhindert wird, seine Gerinnungserregende Wirkung geltend zu machen.

Umgekehrt müssen im gelassenen Blut Einflüsse vorhanden sein, welche die eben geschilderte Gerinnungshemmende Wirkung des Ozon's ganz oder grossentheils neutralisiren.

Die Gerinnungsfähige Substanz des Blutes stammt vielleicht von den Geweben her. Magendie, Nasse u. A. unterbanden im Hund die Aorta und leiteten längere Zeit defibrinirtes Blut durch beide hinteren Gliedmaassen. Das aus der Cruralvene zurückfliessende Blut erwies sich als gerinnungsfähig. A. Schmidt brachte in das blutleer gemachte Herz einer Schildkröte defibrinirtes Blut desselben Thieres, worauf dasselbe wiederum gerinnungsfähig wurde.

Dass der Contact des Blutes mit der Gefässwand die Gerinnung verhindert, zeigen zahlreich variirte Versuche von Hewson und Brücke.

17. Anorganische Blutbestandtheile.

1) Wasser, das Menstruum der löslichen Blutbestandtheile; 2) Gase (s. 25); 3) Anorganische Salze mit den Basen Kali, Natron, kleinen Mengen Kalk und Magnesia; den Säuren: Chlor, Kohlensäure, Phosphorsäure und Schwefelsäure. Die Einzelverbindungen bieten in ihrer Gesammtziffer wie in ihren relativen Mengenverhältnissen erhebliche Schwankungen. Es sind hervorzuheben: das Chlornatrium, welches über die Hälfte aller Blutsalze beträgt. Basisch phosphorsaure Salze, namentlich die Natronverbindung (2 NaO HO PO^5), welche unter anderem für den Kohlensäuregehalt des Blutes von Bedeutung wird. Hierüber, sowie über die Carbonate des Blutes s. §. 34. Gewisse Mengen Alkalien und Erden sind an Eiweiss und andere Proteinkörper gebunden.

Der Salzgehalt des Blutes steht mit der in den Zufuhren enthaltenen Salzmenge in Zusammenhang (Nasse); Pflanzenkost mindert, Fleischkost mehrt die Aschenbestandtheile des Blutes; das Chlornatrium nimmt zu bei stärkerem Kochsalzgenuss u. s. w.

Die Salze sind auch für den normalen Bestand der Blutkörperchen wichtig; vermischt man Blut mit Salzwasser von bestimmter Stärke, so erhalten die Körperchen ihre Form; ein Zusatz von Eiereiweiss dagegen bringt sie zum Verschwinden, während dieselben erhalten bleiben, wenn man zum Eiweiss etwas Alkalisalz zusetzt.

18. Technik der Blutanalyse.

Die gebräuchlichen Verfahrungsweisen sind im Wesentlichen blosse Modificationen der Prevost-Dumas'schen Methode. 1) Das Wasser, also auch die Summe der Fixa, wird bestimmt durch Abdampfen im Wasserbad und

Trocknen im Luftbad. 2) Faserstoff. Durch Umrühren einer gewogenen Blutmenge mit einem Stab erhält man ein rothes Gerinnsel, das durch Pressen und Auswaschen von den anhängenden Blutkörperchen befreit und schliesslich getrocknet wird. 3) Fette. Durch Ausziehen des festen Rückstandes des Blutes mit Aether. 4) Salze im Ganzen: durch vorsichtiges Einäschern des Rückstandes. Die Bestimmungen 1, 3 und 4 kann man am Serum und am Gesammtblute vornehmen. 5) Eiweiss des Serum's. Kocht man das schwach angesäuerte Serum, so erhält man ein Gerinnsel von Eiweiss, das durch Abfiltriren, Auswaschen und Trocknen reiner dargestellt wird. 6) Behandelt man das defibrinirte Gesammtblut in ähnlicher Weise, wie soeben beim Serum angegeben wurde, so bekommt man einen Niederschlag, der wieder getrocknet wird und welcher das Hämatin und die Eiweisskörper des Gesammtblutes (mit Ausnahme des Faserstoffes) in sich schliesst.

Genau bestimmbar sind die Blutbestandtheile der Categorien 1—5, ungenau dagegen die Zahlen des Eiweisses des Gesammtblutes und der »trockenen Blutkörperchen«. Die letzteren werden nicht direkt erhalten. Man bestimmt nämlich zuerst das Wasser und Eiweiss des Serums (nach 5), sodann (nach 6) die Summe des Hämatins und der Eiweisskörper des defibrinirten Gesammtblutes überhaupt d. h. das Eiweiss + Globulin + Hämatin. Dabei nimmt man an, die Blutkörperchen seien gleichmässig imbibirt mit Serum; mit anderen Worten, man rechnet: Wasser des Serum verhält sich zum Eiweiss des Serum, wie Wasser des Gesammtblutes zum (unbekannten) Eiweiss des Gesammtblutes. Diese Annahme ist aber falsch. Die »trockenen Blutkörper« werden demnach berechnet durch Abziehen der unexacten Eiweisszahl des Gesammtblutes von der Summe des Eiweiss + Globulin + Hämatin des Gesammtblutes.

Dem Gesagten zufolge ist die Blutanalyse, eben weil sie ausserordentliche Complicationen in sich schliesst, noch sehr zurück, da 1) der dringendsten Forderung einer gesonderten Analyse der Körperchen und der Blutflüssigkeit, trotz aller, hier nicht darstellbaren, Bemühungen, nicht entsprochen werden konnte und 2) selbst die Analyse des Gesammtblutes bezüglich einiger Hauptbestandtheile mangelhaft ist.

19. Blutmenge.

Die zur Bestimmung der Blutmenge empfohlenen Methoden beruhen auf sehr verschiedenen Grundsätzen, deren praktische Durchführung aber, wegen besonderer Verhältnisse des Blutes und Gefässsystems, zum Theil unmöglich ist. Gleichwohl sind auch diese letzteren Methoden beachtenswerth, weil sie Einblicke in wichtige Erscheinungen des Blutlebens gestatten.

1) Verblutenlassen. Man öffnet einem Thier ein, oder besser einige grössere Gefässe und sammelt das auslaufende Blut, wobei man durch Kneten des Körpers nachhilft. Fehler: 1) es bleibt ein gewisses Quantum Blut zurück; 2) während des Leerwerdens der Gefässe tritt Lymphe, namentlich aber Ge-

webflüssigkeit aus den Organen in das Blut zurück. Diese Beimischungen sind bedeutend, sie sind farblos und von viel geringerem specifischem Gewicht als das Blut, desshalb wird, nach Zimmermann, das aus der Ader auslaufende Blut zunehmend wasserreicher und so auffallend ärmer an Blutkörperchen, dass die späteren Portionen sichtlich blässer werden. Es ist nicht unmöglich, dass in einzelnen Fällen mehr »Blut« auslaufen kann, als vorher in den Adern circulirte.

2) Verblutenlassen mit Ausspritzung der Adern. (Ed. Weber und Lehmann.) Diese Methode sucht den ersten der oben erwähnten Fehler zu umgehen, beseitigt aber den zweiten nicht.

Ein Verbrecher wurde vor und nach der Enthauptung gewogen und der Gewichtsverlust von 5,5 Kilogrammen als Blut angenommen. Das ausgeflossene Blut wurde möglichst gesammelt und aus einer Probe die Menge der Fixa bestimmt; sie betrug bloss 188 p. mille. Hierauf wurden die Adern leer gepumpt mit Wasser; der feste Rückstand dieses Spülwassers entsprach 1,98 Kilogr. Blut. Der 60 Kilogr. schwere Mann hätte demnach $7\frac{1}{2}$ Kilogr. Blut = $\frac{1}{8}$ seines Körpergewichtes gehabt. Auch hier ist das ausfliessende Blut durch Gewebsflüssigkeit verdünnt, und das Spülwasser laugt Bestandtheile der Gewebe aus. Man erhält desshalb einen starken positiven Fehler, d. h. zu hohe Blutmengen.

3) Mischungsmethode. (Valentin.) Man entzieht dem Thier eine kleine Blutprobe zur Bestimmung der % Menge der festen Bestandtheile. Hierauf spritzt man eine abgemessene Wassermenge in den Kreislauf; diese vermischt sich mit dem Blut und verringert die % Menge der Fixa desselben, die wiederum an einer dem Thier abgelassenen kleinen Blutprobe bestimmt wird. Aus der Stärke der Abnahme der festen Bestandtheile berechnet sich die Blutmenge unmittelbar.

Das Princip ist anwendbar zu anderweitigen physiologischen Untersuchungen, nicht aber zur Bestimmung der Blutmenge, weil ein bedeutender und dazu in verschiedenen Thieren ungleicher Theil des eingespritzten Wassers sogleich (durch die Ausscheidungen etc.) das Blut wieder verlässt. Die Blutmenge wird also viel zu hoch gefunden, nämlich zu $\frac{1}{8}$ bis selbst $\frac{1}{4}$ des Körpergewichtes.

4) Colorimetrische Methode. (Welcker.) Bringt man mit vielem Wasser verdünntes Blut in 2 gleiche Cylindergläser, so nimmt man, wenn die eine Blutprobe einen, verhältnissmässig kleinen, neuen Wasserzusatz erhält, bei durchfallendem Lichte einen Unterschied der Färbung wahr. Man kann daher auch Proben von annähernd gleichem Blutgehalt als gleich erkennen; geübte Augen sollen hierbei keinen grössern durchschnittlichen Irrthum als von 3—4% begehen.

Die auf dieser Prämisse beruhende Methode zerfällt in folgende Akte: I. Man macht eine kleine Probeaderlässe und vermischt das erhaltene Blut mit einer gemessenen Menge Wasser (Probeflüssigkeit). II. Man lässt das Thier verbluten und spritzt dessen Gefässe nachträglich mit Wasser aus (Mischung 2). Sodann zerhackt man den ganzen Körper in feine Stücke und zieht letztere mit Wasser aus, bis dieses sich nicht mehr färbt (Mischung 3). III. Durch Zusammengiessen von Nr. 2 und 3 gewinnt man eine »Blutlösung« von bestimmter

Intensität des Roth; endlich setzt man zur »Probeflüssigkeit« noch so viel Wasser, bis ihre Röthung gleich ist der »Blutlösung«. Demnach verhält sich das Volum der Probeflüssigkeit zum Volum der Probeaderlässe, wie das Volum der »Blutlösung« sich verhält zum Blutvolum des Thieres. Aus den 3 ersten bekannten Grössen wird die vierte, unbekannte gefunden. Diese Methode führte zu Blutmengen von etwa $^1/_{13}$ am Menschen, Hund und verschiedenen Säugethieren, dagegen von $^1/_{18}$ am Kaninchen. (Welcker, Bischoff, Heidenhain.)

5) Eine fünfte Methode kann erst beim Blutkreislauf erläutert werden (153).

Die durchschnittliche Blutmenge der Warmblüter kann mit vollem Recht zu $^1/_{13}$ des Körpergewichtes angenommen werden.

Ueber die Variationen der Blutmenge in verschiedenen physiologischen Zuständen ist sehr wenig bekannt. Die praktische Medicin hat längst ihre Zeichen der Blutarmuth (sog. Anämie): Schwäche der Muskeln, Wässrigkeit der Secrete, Blässe der Haut, kleine Gefässcaliber, hohe Pulsfrequenz u. s. w., sowie ihre Zeichen der Blutfülle (Plethora). Diese Symptome haben aber nur in extremeren pathologischen Bedingungeen einen relativen Werth.

III. Grunderscheinungen des Ortswechsels der Materie im Körper.

A. Physikalischer Theil.

20. Massen- und Molecularbewegung.

Die den Organismus zusammensetzenden chemischen Körper sind, abgesehen von ihren chemischen Umsetzungen, in Ortsbewegungen begriffen, die sehr verschieden sein können nach Form, Richtungen, Geschwindigkeiten, bewegten Massen und deren physiologischen Leistungen. Sie treten in zwei, strenge auseinander zu haltenden Formen auf.

I. Als Massenbewegung. Die Flüssigkeit (tropfbare oder elastische) ist als Ganzes in Bewegung. Ihre Einzelbestandtheile, mögen sie noch so verschiedener Natur sein, zeigen somit an demselben Orte dieselbe Geschwindigkeit. Der Vorgang wird dadurch unterhalten, dass an gewissen Stellen ein stärkerer, an anderen ein schwächerer Druck besteht, wodurch eine Bewegung der ganzen Masse in der Richtung gegen den geringeren Druck erfolgt; wir haben es also mit einfachen Schwerewirkungen zu thun. Diese mechanischen Bedingungen wirken bei manchen Säften, z. B. dem Blute, unausgesetzt; eine Ausgleichung der Druckunterschiede kommt also nicht zu Stande und die Flüssigkeit ist in beständiger Bewegung begriffen. Die Motoren sind entweder

Druck- oder Saugkräfte. Viele Bewegungen der Art werden vermittelt durch die Thätigkeit bestimmter Muskeln.

Die Massenbewegungen bedürfen keiner allgemeinen Darstellung; sie erfolgen nach den Gesetzen der Hydro- und Aërodynamik. Das Eingreifen der einzelnen Motoren wird geschildert in der Lehre von der Bewegung des Blutes, der Lymphe, der Fortbewegung des Abgesonderten in den Drüsenkanälen, der Ventilation der Lungenluft, der Bewegung des Inhaltes des Nahrungsschlauches u. s. w.

II) Molekuläre Ortsbewegungen. Die Flüssigkeit bewegt sich nicht als Ganzes, wohl aber sind die Molekeln der Einzelbestandtheile in Bewegungen für sich begriffen, unabhängig von den (ruhenden oder ebenfalls bewegten) Molekeln der übrigen Bestandtheile der Flüssigkeit. Diese Ortsbewegungen sind bedingt durch die Verschiedenheit der chemischen Constitution der einzelnen Schichten einer Flüssigkeit oder zweier, sich berührender Flüssigkeiten. Sie erfolgen sogar der Schwere entgegen. Die Verschiedenheiten zwischen benachbarten Schichten zweier Flüssigkeiten rufen mit Nothwendigkeit hervor die Tendenz zur gegenseitigen Ausgleichung, doch sind auch hier die Bedingungen im Organismus von der Art, dass eine vollständige Ausgleichung niemals erfolgt, die Bewegungen also niemals zur Ruhe kommen. Die Flüssigkeit als Ganzes kann dabei, wie gesagt, bewegungslos bleiben; häufig aber verbindet sich im Organismus die Massenbewegung mit dem molekulären Ortswechsel. Letzterer besteht also in Gleichgewichtsstörungen zwischen Molekeln derselben Natur und wir müssen so viele Störungen des Gleichgewichts unterscheiden, als eine Flüssigkeit chemische Einzelbestandtheile enthält, vorausgesetzt, dass die Molekeln jedes Bestandtheils ungleich in den Einzelschichten vertheilt sind.

Die Molekulärbewegungen zerfallen in: 1) Ortsbewegungen elastischer Flüssigkeiten; (Diffusion der Gase, Absorption der Gase durch tropfbare Flüssigkeiten, Entweichen absorbirter Gase in freie Gasräume oder in andere Flüssigkeiten, Verdunstung). 2) Ortsbewegungen innerhalb tropfbarer Flüssigkeiten (sog. Diffusion von Flüssigkeiten, Imbibition, Endosmose, zum Theil auch die Filtration).

21. Diffusion der Gase.

Die Gase geben, zum Unterschied von den beiden anderen Formen des Aggregatzustandes der Materie, äusserem Druck leicht nach. Sie sind in hohem Grade compressibel; die Gasräume verhalten sich umgekehrt proportional den drückenden Kräften. Die Theilchen eines Gases stehen unter sich nur dann im Gleichgewicht, wenn das Gas eingeschlossen ist, und der Widerstand des Behälters die Gastheilchen beisammen hält. Kommt dagegen das Gas in Berührung mit einem Raum, der gasfrei ist, oder der dasselbe Gas jedoch unter einem geringeren Druck, oder endlich ein fremdes Gas enthält, so strömt das Gas in diesen Raum.

Die Gasmolekeln derselben Natur sind also — wie man sich auszudrücken pflegt — bestrebt, sich von einander zu entfernen; desshalb vermischen sich verschiedenartige Gase, sobald sie in Berührung kommen. Die Berührung kann

sein 1) eine mittelbare: die Gase sind getrennt durch eine poröse Scheidewand. Dieser Fall interessirt den Physiologen nicht. 2) Eine unmittelbare: die Gase berühren sich frei, wodurch ihre Vermischung wesentlich befördert wird; ihre Vermischung erfolgt sogar der Schwere entgegen. Wird ein Behälter mit Kohlensäure durch eine Röhre verbunden mit einem höher stehenden Behälter, der specifisch sehr viel leichteres Wasserstoffgas enthält, so ist nach einer gewissen Zeit die Vermischung eine vollständige.

Die Gasdiffusion kommt besonders in Betracht beim Athmen, indem die Luft der luftführenden Kanäle, Trachea, Bronchien u. s. w., ungleich zusammengesetzt ist (199).

22. Absorption der Gase.

Tropfbare Flüssigkeiten vermögen Gase aufzunehmen (Dalton, Saussure jun., Bunsen). Man unterscheidet 2 Fälle: 1) Es besteht chemische Verwandtschaft zwischen Gas und Flüssigkeit. Die aufgenommene Gasmenge hängt demnach ab von den chemischen Affinitäten. Das in chemische Verbindung getretene Gas kann durch mechanische Mittel, z. B. unter der Luftpumpe, aus der Flüssigkeit nicht wieder abgeschieden werden, ausgenommen, wenn die chemische Affinität zwischen Gas und Flüssigkeit nur eine schwache ist. 2) Es besteht keine chemische Verwandtschaft. (Gasabsorption im engern Sinn.) Das absorbirte Gas hat seine chemische Natur nicht geändert und kann durch mechanische Mittel aus der Flüssigkeit wieder ausgeschieden werden.

Manche Gase unterliegen beiden Gesetzen, d. h. ein Theil des Gases wird chemisch gebunden, ein zweiter bloss mechanisch absorbirt.

Die Lösungen vieler Salze der Alkalien binden die Kohlensäure bloss nach dem Absorptionsgesetz, wogegen eine Lösung von kohlensaurem oder phosphorsaurem Natron noch eine weitere Menge aufnimmt, die vom Druck der Kohlensäureatmosphäre unabhängig ist. Kohlensaure Natronlösung bindet so viel Kohlensäure, um die Soda in doppeltkohlensaures Salz zu verwandeln (L. Meyer); neutrale phosphorsaure Natronlösung (2 NaO HO, PO_5) dagegen nach Fernet soviel Kohlensäure, dass das neutrale Natronphospat unter Bildung von doppelt kohlensaurem Natron in das saure Phosphat (NaO_2 HO, PO_5) übergeht. Da sich das Blutserum einer Kohlensäureatmosphäre gegenüber ähnlich verhält, so wird die chemische Bindung der Kohlensäure durch die jedenfalls vorhandenen phosphorsauren, vielleicht auch die kohlensauren Alkalisalze des Blutes bedingt werden. Die Anwesenheit von Carbonaten im Blut ist allerdings nicht direkt erwiesen. In der Blutasche finden sich kohlensaure Alkalisalze; obschon es nahe liegt, die Kohlensäure von verbrennenden organischen Verbindungen abzuleiten, so scheint gleichwohl die Annahme von Carbonaten im Blute namentlich der Pflanzenfresser (deren Harn ähnliche Salze in grösserer Menge enthält) gerechtfertigt; möglicherweis kommen selbst alle 3 Natronverbindungen der Kohlensäure vor.

Unter Absorptionscoëfficient, versteht man das Gasvolum (reducirt auf 0^0 Wärme und 76 Centimeter Quecksilberdruck), welches absorbirt wird von der Volumeinheit einer Flüssigkeit und zwar unter dem beständigen Gasdruck von 76 Centimetern Hg und bei einer Temperatur von 0^0. Die Absorption hört auf, wenn das aufgenommene Gas im Gleichgewicht steht mit dem freien Gas; das absorbirte Gasvolum ist alsdann = Flüssigkeitsvolum $\times$ Absorptionscoëfficient. Letzterer hängt ab 1) von der Natur des Gases. Die Coëfficienten des Wassers sind für $\ddot{C}$ 1,8 (d. h. 1 Volum Wasser nimmt auf 1 $^4/_5$ Vol. $\ddot{C}$.), N 0,02, O 0,04.

2) Von der Natur der absorbirenden Flüssigkeit. Wasser z. B. absorbirt viel mehr C̈, als Salzwasser. 3) Von der Temperatur. Bei den Gasen, die für den Athemprocess wichtig sind, ist der Absorptionscoëfficient bei 20° C. etwa die Hälfte dessen bei 0°. 4) Vom Gasdruck. Die Flüssigkeit absorbirt unter jedem Druck gleiche Volume desselben Gases, aber bei doppeltem Gasdruck ist das absorbirte Gasvolum doppelt so dicht, d. h. es nimmt, reducirt auf den einfachen Druck, das doppelte Volum ein. Also ist der Absorptionscoëfficient proportional dem Druck.

100 C. C. M. Wasser absorbiren aus einer Sauerstoffatmosphäre (von 76 C. M. Hg.-Druck) 100 $\times$ 0,04 = 4 C. C. M. Gas; aus einer Atmosphäre von 152 C. M. Hg.-Druck aber 8 C. C. M. Gas; beide absorbirten Volume reducirt gedacht auf gleiche Temperatur und gleichen Druck.

Bei Gasmischungen unterscheidet man ausser dem Gesammtdruck die Partiardrücke der einzelnen Gasatmosphären. 100 Vol. atmosphärische Luft halten 21 O; das O aber füllt die 100 Volume vollständig aus, also wird (der Gesammtdruck = 1 gesetzt) der Druck der O-Atmosphäre 0,21. Ausserdem enthält der Gasraum 79 Vol. N; ihr Partiardruck ist demnach 0,79. Früherem gemäss ist das von der Volumeinheit gasfreien Wassers absorbirte O-Volumen 0,04 $\times$ 0,21 = 0,0084 Volume, das absorbirte N-Volum dagegen 0,02 $\times$ 0,79 = 0,0158 Volume. 1 Volum Wasser enthält also ein Gasgemenge von 0,0242 Volumeinheiten reducirt auf die Druckeinheit.

Da der Absorptionscoëfficient des Wassers für O denjenigen für N übertrifft, so ist die vom Wasser absorbirte Luft relativ reicher an O als die freie Atmosphäre, was für das Athmen der Wasserthiere wichtig ist.

23. Contact gashaltender tropfbarer Flüssigkeiten.

Für diese, experimentell noch nicht untersuchten Bedingungen können wir deductorisch etwa folgende Normen aufstellen. 1) Kommt ein Fluidum, das ein Gas absorbirt enthält, in Berührung mit einem gleichen Volum eines gasfreien Fluidums anderer Natur, dann nimmt letzteres Gas auf. Nach erreichtem Gleichgewicht der Gasspannungen in beiden Flüssigkeiten verhalten sich die beiderseitigen absorbirten Gasmengen wie die Absorptionscoëfficienten der Fluida.

2) Haben — alles übrige wie unter 1 gesetzt — beide Fluida ungleiche Volume, so verhalten sich die schliesslich absorbirten Gasmengen, wie die Produkte der Volume in die Absorptionscoëfficienten.

100 C. C. M. Wasser nahmen auf 4 C. C. M. O-gas; sie kommen in Berührung mit 200 C. C. M. gasfreiem Salzwasser (dessen Absorptionscoëfficient für O ist = 0,03). Nach hergestelltem Gleichgewicht (von den durch die Endosmose bedingten Veränderungen beider Flüssigkeiten sehen wir ab) müssen sich die absorbirten Gasvolume verhalten wie 100 $\times$ 0,04 zu 200 $\times$ 0,03 d. h. das Wasser enthält 1,6 und das Salzwasser 2,4 C. C. M. O absorbirt.

3) Stehen (die sonstigen Bedingungen wie unter 1) die durch eine poröse Membran getrennten Fluida unter verschiedenem Druck, so ändert das nichts an der Erscheinung, da zufolge der Incompressibilität der tropfbaren Flüssigkeiten der Raum, in dem das absorbirte Gas vertheilt ist, gleich bleibt.

Diese Behauptung ist allerdings in Widerspruch mit der »Condensation«, welche die von Flüssigkeiten absorbirten Gase erfahren, sie wird aber, da die wirkliche Molecularform der absorbirten Gase unbekannt ist, bis der experimentelle Beweis des Gegentheils gegeben ist, vorerst aufrecht erhalten werden können.

4) Zwei verschiedene Flüssigkeiten von gleichem Volumen haben jede ein besonderes Gas absorbirt; enthält nach erfolgtem Austausch jede Flüssigkeit Antheile beider Gase, so verhalten sich die absorbirten Gasmengen wie die Absorptionscoëfficienten.

Diese Bedingungen wiederholen sich beim Athmen und dem Stoffwechsel überhaupt. Es findet Gaswechsel statt sowohl zwischen den von den Blutkörperchen einerseits und der Blutflüssigkeit anderseits absorbirten Gasen, als auch zwischen letzteren und den in der Ernährungsflüssigkeit der Gewebe absorbirten Gasen, wobei zugleich obiger Fall 3) in Anwendung kommt, indem Capillargefässe, Blut und Gewebflüssigkeit nicht nothwendig unter gleichem Druck stehen.

24. Entweichen absorbirter Gase.

Kommt eine Flüssigkeit, welche ein Gas unter bestimmtem Druck absorbirt hat, in Berührung mit freiem Gas derselben Natur, aber von geringerem Druck, so entweicht so viel von dem absorbirten Gase, bis der Druck der absorbirten und der freien Gasmolekeln im Gleichgewicht steht.

100 C. C. Wasser absorbiren aus einer O atmosphäre von 152 C. M. Hg-Druck 8 C. C. M. (auf die Druckeinheit reducirtes) O gas. Kommt dieses Wasser in Berührung mit einer O atmosphäre von 76 C. M. Hg Druck, so enthält es nach hergestelltem Gleichgewicht bloss noch 4 C. C. M. O gas.

Kommt eine Flüssigkeit, welche ein Gas a enthält, in Berührung mit einem freien Gas b, so ist letzteres für das absorbirte Gas als nicht vorhanden anzusehen, weil bloss Repulsion besteht zwischen Gasmolekeln derselben Natur. Es findet also ein gegenseitiger Austausch statt. Ist der Gasraum sehr gross im Vergleich zum Flüssigkeitsvolum, so findet man in letzterem nach einiger Zeit bloss Gas b absorbirt.

Gase, die nur locker chemisch gebunden sind, können im luftleeren Raum aus der Flüssigkeit ausgetrieben werden; eine Lösung von doppeltkohlensaurem Natron wird im Vacuum unter Abgabe von 1 Molekül Kohlensäure in Soda verwandelt; dagegen wird die Kohlensäure der Soda nur durch Zusatz stärkerer Säuren ausgetrieben.

25. Blutgase.

Das Blut enthält Gase absorbirt, nämlich Sauerstoff, Kohlensäure und Stickgas; in den Lungen kommt es, vermittelst dünnster Scheidewände, in Berührung mit den anders zusammengesetzten freien Gasen der Lungenzellen, wodurch die Bedingungen eines gegenseitigen Gaswechsels gegeben sind.

Aus dem Blute oder Blutserum können Gase ausgetrieben werden, zunächst durch mechanische Mittel, z. B. unter der Luftpumpe (Mayow 1674 und Magnus) oder durch Kochen des Blutes im luftleeren Raum (Bunsen). Gewisse Antheile Kohlensäure, die durch stärkere Affinität gebunden sind, werden aus

dem Blut nur durch chemische Mittel, z. B. einem Zusatz von Weinsäure, ausgetrieben. Das arterielle Blut (von Hunden) enthält ungefähr 50 bis selbst 55 Volumprocente Gase (reducirt auf 0° C und mittleren Barometerstand) und zwar O 20—22, N 1—2 und C̈ 34 %.

Dass das Blut bei seiner Ansammlung vor Luftzutritt geschützt werden muss, versteht sich von selbst. Zur möglichst vollständigen Austreibung der Blutgase dient das Torricelli'sche Vacuum, welches Ludwig und Setschenow in folgender Weise herstellten. Eine Uförmige Röhre, die bei *a* und *b* mit verschliessbaren Oeffnungen versehen ist, wird mit Quecksilber gefüllt und sodann auch bei *c* und *d* mittelst Hähnen geschlossen. Auf *d* sitzt die graduirte Glasröhre *f*; an *b* wird der mit defibrinirtem Blut gefüllte Glaskolben *g* befestigt. Nun lässt man das Hg aus *a* ablaufen und zwar bis unter das Niveau der Mündung von *b*. Dadurch entsteht ein Vacuum im Raum *b* bis *d*. Nach Oeffnung von *b* kocht man, um die Gase auszutreiben, das Blut, wozu bloss eine geringe, die Eiweisskörper nicht zur Gerinnung bringende, Erwärmung hinreicht. Hierauf schliesst man *b*, füllt durch *c* Hg nach, um die ausgetriebenen Blutgase zu comprimiren und öffnet *d*, um die Gase nach *f* überzuführen. Um die chemischgebundene Kohlensäure zu gewinnen, dient, bei sonst gleichem Verfahren, ein Zusatz von Weinsäure zum Blut. Das Auskochen wird so lange wiederholt, bis man aus dem Blute keine Gase mehr erhält.

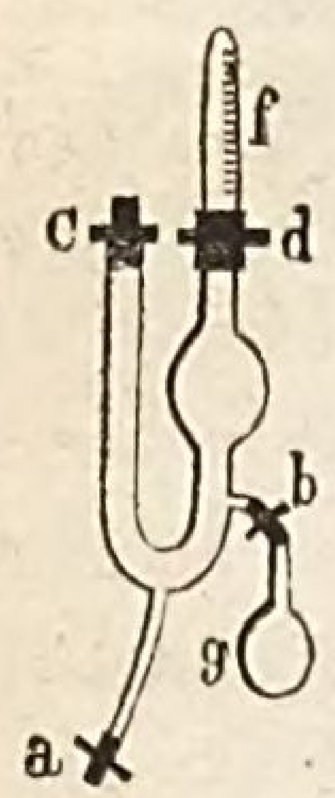


Fig. 6.

Diese und die früher gebrauchten Verfahrungsweisen litten an dem Uebelstand, dass der Gegendruck des Wassergases und der schon entwickelten Kohlensäure im Vacuum die vollständige Entweichung der Kohlensäure aus dem Blute verhindert. Pflüger wandte zur Herstellung eines absolut trockenen Vacuums die Geissler'sche Gaspumpe an. Die Blutgase treten in das Vacuum erst ein, nachdem sie in einem zwischen dem Blutrecipienten und dem Vacuum eingeschaltenem Trockenraum, mittelst Schwefelsäure von Wassergas befreit sind. Die Kohlensäure des Serum entweicht hier so vollständig, dass auch der Zusatz von Weinsäure keine weitere Kohlensäure mehr austreibt.

26. Die einzelnen Blutgase.

Zur Bestimmung der Gasmengen, welche das Blut (mechanisch und chemisch) bindet, wird dasselbe defibrinirt, sodann nach der oben geschilderten Methode gasfrei gemacht und dem betreffenden Gas ausgesetzt; nach L. Meyer und Setschenow absorbiren 100 Vol. also behandelten Blutes 10—20 O, 2—5 N und etwa 200 Vol. C̈. Serum absorbirt Kohlensäure stärker, aber O viel weniger als geschlagenes Blut (Berzelius), die Blutkörperchen übernehmen somit die wichtige Rolle von Sauerstoffträgern.

Man übersehe nicht, dass schon das defibrinirte, geschweige denn das gasfrei gemachte Blut ein Artefact ist. In letzterem geben die Blutkörperchen Farbstoff an das

Serum ab und gehen dabei theilweis zu Grund. Die wahren Gasabsorptionscoëfficienten des lebenden Blutes sind auf obige Weise direkt wohl nicht bestimmbar.

Bei zunehmendem Druck der Gasatmosphäre nimmt die Menge des absorbirten Gases zu, aber bloss die aufgenommenen Stickgasantheile wachsen dem Druck proportional, d. h. das Stickgas ist einfach physikalisch absorbirt. Das aufgenommene O dagegen besteht 1) aus einer sehr kleinen Quantität, proportional dem Druck, entsprechend also dem Absorptionsgesetz und 2) einem relativ grossen vom Druck unabhängigen, durch das Haematoglobulin der Blutkörperchen chemisch gebundenen Antheil. Serum absorbirt O bloss mechanisch. Im circulirenden Blut ist wohl aller vorräthige O chemisch gebunden, jedoch (wegen der leichten Entbindung des O im Vacuum) nur locker.

Die Kohlensäure ist in den Blutkörperchen, in noch grösserer Menge aber im Plasma enthalten. Da letzteres alkalisch reagirt, so wird wohl der grössere Theil der Kohlensäure chemisch gebunden sein, und zwar an Natron, als einfach, $1\frac{1}{2}$- und doppeltkohlensaures Salz. Die Antheile der freien und chemisch gebundenen Kohlensäure sind nicht näher bekannt.

Ein Theil der Kohlensäure entweicht aus dem Serum schon im Vacuum, nämlich der einfach absorbirte und der durch Reduction der doppelt kohlensauren Verbindung in Soda entstehende Antheil; dagegen wird — wenigstens bei der älteren Methode — die Kohlensäure der Soda nur durch Zusatz einer stärkeren Säure ausgetrieben.

Das neutrale phosphorsaure Natron (2NaO HO, PO_5) des Plasmas kann einen Theil der Kohlensäure binden (Fernet), indem mässig concentrirte Lösungen des Salzes auf 1 Molekül Phosphorsäure, 2 Moleküle Kohlensäure aufnehmen. Auch diese Verbindung ist so locker, dass die Kohlensäure im Vacuum abgegeben wird (s. 22, Anmerkung 1).

Zunächst ist beim respiratorischen Gaswechsel die freie Kohlensäure allein betheiligt; doch kann dieselbe aus ihren Verbindungen mit Alkalien zum Theil erst frei geworden sein. Im Vacuum gibt defibrinirtes Blut alle Kohlensäure ab, wogegen Serum — s. oben — den in der Soda stärker gebundenen Antheil zurückhält. Pflüger setzte zu vollständig entgastem Blut eine Lösung von kohlensaurem Natron und fand, dass im trockenen Vacuum alle Kohlensäure dieses Natronsalzes entwich, wogegen entgastes Serum, mit kohlensaurem Natron versetzt, die Kohlensäure im Vacuum nicht abgab. Die Blutkörperchen (welcher Bestandtheil derselben?) haben also das Vermögen, die Carbonate des Blutes zu zersetzen.

27. Wasserverdunstung.

Tropfbare Flüssigkeiten, welche mit Gasen in Berührung kommen, verbreiten sich in den Gasraum, indem sie Dampfform annehmen. Der Prozess dauert so lange, bis der Gasraum mit dem Dampf gesättigt ist. Von Einfluss auf die Erscheinung ist: 1) die Temperatur; warme Luft kann mehr Wassergas aufnehmen; 2) Bewegung der Luft; sie beschleunigt den Prozess; 3) der Luftdruck; bei geringerem Druck erfolgt die Verdampfung schneller, auch verdampft, falls der Luftraum unendlich gross ist wie die atmosphärische Luft, eine grössere Wassermenge. 4) Luftfeuchtigkeit; je geringer diese, desto schneller die Verdunstung, desto grösser die verdunsteten Massen.

Die Verdunstung spielt eine wichtige Rolle im Organismus; die Nasen- und Mundhöhle, die Schleimhaut der Athemwerkzeuge und namentlich die allgemeinen Bedeckungen verdunsten grosse, nach obigen Gesetzen veränderliche Mengen Wassergas; dabei versteht es sich von selbst, dass verschiedene Zustände des Körpers modificirend und compensirend auf die eben erörterten physicalischen Bedingungen der Verdampfung einwirken können.

28. Diffusion der Flüssigkeiten.

Kommen mit einander mischbare, tropfbare Flüssigkeiten in Berührung, so vermischen sie sich bis zur völligen Ausgleichung, selbst wenn man sie ruhig stehen lässt und wenn die specifisch schwerere den unteren Platz einnimmt. Grössere Berührungsfläche beschleunigt den Austausch. Auf die Geschwindigkeit der Diffusion ist nach Graham von Einfluss: 1) Die Natur der Substanzen; Säuren diffundiren sehr schnell; etwas langsamer Alkalisalze und Rohrzucker, besonders träge arabisches Gummi und Eiweiss. Die träge diffundirenden Substanzen sind unfähig zu krystallisiren, während ihrer Auflösung nimmt die Temperatur nur unmerklich ab, ihre concentrirten Lösungen sind immer viscös. 2) Die Concentration der Lösung; die in gleichen Zeiten diffundirten Mengen verhalten sich bei Lösungen desselben Stoffes annähernd wie deren Concentrationen. 3) Zunehmende Wärme beschleunigt den Prozess und zwar bei Substanzen mit geringer Diffusionsgeschwindigkeit verhältnissmässig mehr als bei leicht diffusibelen. 4) Wird zu einer Lösung eines träge diffundirenden Körpers ein schnell diffundirender gesetzt, so nimmt die Diffusionsgeschwindigkeit des ersteren in der Regel noch mehr ab. 5) Diffundiren 2 Lösungen gegen einander, so verbreiten sich die beiderseitigen Stoffe fast so schnell wie im reinen Wasser, wenn die Lösungen nur schwach sind (z. B. 4 % Kochsalz- gegen 4 % kohlensaure Natronlösung), dagegen langsamer bei starken Concentrationen. 6) Wenn ein Bestandtheil einer chemischen Verbindung schneller diffundirt als der andere, so tritt eine theilweise Zersetzung ein. In Alaunlösungen diffundirt das schwefelsaure Kali schneller als die schwefelsaure Alaunerde, so dass neben unverändert diffundirendem Alaun ein Antheil des Salzes zerlegt wird.

29. Imbibition.

Membranen oder Organe in Flüssigkeiten gelegt, nehmen aus diesen bestimmte Mengen auf, die von der Stärke der Anziehung der Porenwände und dem Widerstand, welche letztere der Ausdehnung entgegensetzen, abhängen. Von Einfluss ist: 1) die Beschaffenheit der Gewebe, z. B. Muskelsubstanz nimmt viel mehr auf als Knorpel. Von gewissen Farbstoffen nimmt, wie Gerlach zuerst hervorhob, die Intercellularsubstanz mancher Gewebe wenig, die Zelle mehr, der Zellenkern aber am meisten auf. 2) Die Natur der Flüssigkeit; trockene Harnblase z. B. nimmt von wässerigen Lösungen mehr oder weniger auf; von einer Lösung von Chlorkalium z. B. mehr als von einer solchen von Chlornatrium (Gunning), von Wasser am meisten. Hat ein Gewebe eine bestimmte Menge Flüssigkeit aufgenommen, so ist der weiteren Im-

bibition eine Grenze gesetzt; im Organismus aber wird dieser Punkt, selbst beim Wasser, niemals erreicht. 3) Die Concentration: verdünntere Lösungen dringen in grösserer Menge ein als concentrirtere derselben Substanz (Liebig). 4) Die Wärme begünstigt den Vorgang.

Die Imbibition ist öfters begleitet von einem entgegengesetzten Strome, indem die imbibirenden Membranen Bestandtheile abgeben an die äussere Flüssigkeit; so verliert z. B. eine in Wasser gelegte Rindsblase Eiweiss (Gunning).

Von wässerigen Lösungen nimmt eine trockene Blase absolut und relativ mehr Wasser, als gelöste Substanz auf, sodass die Lösungen concentrirter werden. Die Verwandtschaft der Membran zum eingedrungenen Wasser beeinträchtigt die Fähigkeit des letzteren, Substanzen gelöst zu enthalten; legt man eine trockene Membran in gesättigte Salzlösung, so fällt aus der Lösung etwas Salz aus (Ludwig). Aus Lösungen zweier Stoffe werden die beiden gelösten Substanzen nicht in dem Verhältniss aufgenommen, als sie aufgenommen würden, wenn jede Substanz für sich allein vorhanden wäre (Cloetta); die imbibirbarere wiegt nämlich auch relativ vor: das Verhältniss ist übrigens ein wechselndes bei verschiedenen Concentrationen.

30. Endosmose

ist die gegenseitige Vermischung zweier Flüssigkeiten, die durch eine poröse Scheidewand z. B. eine thierische Membran, getrennt sind (Nollet). Der Austausch erfolgt in der Regel viel langsamer als bei der Diffusion der Flüssigkeiten; nach einer gewissen Zeit sind die Flüssigkeiten auf beiden Seiten der Membran gleich zusammengesetzt. Es finden dabei zwei entgegengesetzte Ströme statt, wobei der eine (und zwar manchmal sehr bedeutend) überwiegt, so dass, anfängliche Volumgleichheit der Flüssigkeiten vorausgesetzt, schliesslich das Flüssigkeitsvolum auf der einen Seite der Membran mehr oder weniger vorwiegt. Im Allgemeinen gilt die Regel, dass die concentrirtere Flüssigkeit an Volum gewinnt, die verdünntere dagegen verliert. Bei der Endosmose kommt ausser der Geschwindigkeit des Austausches das Verhältniss der durch die Membran gedrungenen Mengen (endosmotisches Aequivalent) in Betracht.

Jolly taucht das mit einer Membran verschlossene untere Ende eines Cylinders, welcher die zu untersuchende Substanz in fester oder gelöster Form enthält, in Wasser. Das letztere wird öfters erneut, bis der frühere Inhalt des Cylinders vollständig in das äussere Wasser getreten ist und der Cylinder nur noch Wasser enthält. Jetzt findet keine weitere Gewichtszunahme des Cylinders statt, die Endosmose ist beendet. Das Verhältniss der eingedrungenen Wassermenge zu der, als Einheit angenommenen herausgetretenen Substanz nennt Jolly endosmotisches Aequivalent; je höher das Aequivalent, desto mehr überwiegt demnach der Wasserstrom.

Auf die Endosmose ist von Einfluss: 1) Beschaffenheit der Membran.

Eine dünne Kautschukplatte z. B. gestattet keine Endosmose zwischen Wasser und wässerigen Lösungen, wohl aber zwischen Weingeist und weingeistigen Lösungen. Die endosmotischen Aequivalente des Kochsalzes sind, nach Harzer, bei Anwendung von Rindsblase 6,4, Rinderherzbeutel 4,0, Schweinsblase 4,3, Schwimmblase 2,9, Collodiumhaut 10,2, d. h. auf einen Gewichtstheil übergetretenes Kochsalz kommen 10,2 Theile eingedrungenes Wasser.

2) Die chemische Natur der endosmosirenden Stoffe.

Unter den Alkalisalzen zeigen Chlorverbindungen die kleinsten Aequivalente, grössere die salpetersauren und schwefelsauren, die grössten die phosphorsauren Salze. Säuren haben sehr kleine Aequivalente; Basen dagegen grosse, saure Salze kleinere als neutrale

Salze (Jolly), z. B. bei Schweinsblasen: kryst. schwefelsaures Kali 11, saures schwefelsaures Kali 2, verdünnte Schwefelsäure $^1/_8$—1, Harnstoff 2. Eiweiss hat ein sehr grosses Aequivalent.

Nach Eckhard und Hoffmann verhalten sich (Herzbeutel wurden zur Endosmose benützt) die Endosmosengeschwindigkeiten von Zucker, Glaubersalz, Kochsalz und Harnstoff wie 1 : 1,1 : 5 : $9^1/_2$.

3) Die Concentration der Lösung. Die Geschwindigkeit der Endosmose steigt mit zunehmender Concentration; sie kann im Allgemeinen bei Lösungen desselben Stoffes näherungsweise proportional der Concentration angesehen werden (Vierordt); doch sind genauer folgende Fälle zu unterscheiden: a) in der Regel steigt das endosmotische Aequivalent mit zunehmender Concentration (Eckhard), indem z. B. der Salzstrom fast proportional der Concentration, der Wasserstrom aber in stärkerem Verhältniss wächst. b) Das Aequivalent sinkt mit zunehmender Concentration; z. B. beim Glaubersalz (Ludwig). Dasselbe ist der Fall bei Oxalsäure und Schwefelsäure (Schumacher), deren endosmotisches Aequivalent kleiner als die Einheit ist. Analog sind die Erscheinungen bei der Endosmose zwischen 2 verschieden concentrirten Lösungen desselben Stoffes: die Endosmosengeschwindigkeiten verhalten sich annähernd wie die Concentrationsunterschiede beider Lösungen (Vierordt); doch erfolgt bei gleichen Concentrationsunterschieden die Endosmose in concentrirten Salzlösungen etwas schneller als in verdünnten (Eckhard). 4) Es versteht sich von selbst, dass der Austausch schneller erfolgt mit zunehmender Grösse und Feinheit der trennenden Membran und bei Bewegung der beiderseitigen Flüssigkeiten. 5) Höhere Temperatur beschleunigt den Vorgang und zwar, nach Willibald Schmidt, der mit Glaubersalz experimentirte, in dem Verhältniss, wie sie die Ausflussmengen aus gläsernen Capillaren steigert, also die Cohäsion der Flüssigkeit mindert. 6) Starker Gegendruck bringt die Endosmose nicht zum Stillstand; wohl aber kann der Strom gegen die Flüssigkeit stärkeren Druckes mehr oder weniger gemindert, der entgegengesetzte Strom aber verstärkt werden. 7) Enthält eine Flüssigkeit 2 Stoffe gelöst, so endosmosirt jeder derselben annähernd so, als ob er allein vorhanden wäre (Cloetta). Nach Schumacher, der mit Collodiummembranen experimentirte, soll dagegen das endosmotische Aequivalent jedes Einzelstoffes einer Lösung bei der Endosmose gegen Wasser der Gesammtconcentration entsprechen, also (in den meisten Fällen, s. oben sub 3 a) grösser werden. 8) Die chemische Verwandtschaft begünstigt die Endosmose; zum Theil desshalb ist die Endosmose zwischen Eiweisslösung und Salzwasser stärker als zwischen Eiweisslösung und Wasser. Ist die Affinität sehr gross, so wird der Strom ein einseitiger. Zwischen Säure und Kalilösung ist bloss ein Säurestrom zum Alkali vorhanden. 9) Ein beide Flüssigkeiten durchziehender elektrischer Strom bewirkt eine Volumabnahme auf der Seite des positiven Pols; geht z. B. der Strom von Wasser zu Salzwasser, so wird die an und für sich stattfindende Volumzunahme des Salzwassers noch grösser (Wiedemann).

Scheidewände, welche mit träge diffundirenden (28) gelatinösen Substanzen

imprägnirt sind, z. B. ein mit Stärke gut planirtes Papier, am besten das neuerdings angefertigte sog. Pergamentpapier, lassen andere träge diffundirende Substanzen nicht oder nur sehr schwer, schnell diffundirende Körper dagegen, wie Kochsalz, Zucker, leicht durch, fast wie bei der freien Diffusion. Man kann auf diese Art nach Graham lösliche gelatinöse Substanzen rein erhalten; eine Lösung von Hühnereiweiss z. B. gibt allmälig ihre Aschenbestandtheile an destillirtes Wasser ab. Die mittelst der Endosmose durch eine gelatinöse Scheidewand bewirkten Trennungen nennt Graham Dialyse.

Während die freie Gasdiffusion auf einem einfachen mechanischen Gesetz beruht, sind die beim ersten Anblick verwandten Erscheinungen tropfbarer Flüssigkeiten, ja schon die sog. Diffusion in Flüssigkeiten verwickelter; sie lassen z. B. die Endosomose, verschiedene theoretische Auffassungen zu, deren Verfolgung nicht hierher gehört. Ueber den Zustand der Flüssigkeiten in den Poren s. 31.

31. Filtration

ist das Durchtreten einer Flüssigkeit durch eine poröse Membran, so dass dieselbe auf der anderen freien Seite der Membran erscheint. Man unterscheidet 1) die Filtration der Flüssigkeit in toto, die von einfachen Druckwirkungen abhängige, gewöhnliche Filtration (im Organismus ohne Analogieen) und 2) die noch wenig untersuchte elective Filtration, bei welcher gewisse Bestandtheile der filtrirenden Flüssigkeit, obschon sie darin gelöst enthalten sind, ganz oder theilweise durch das Filter zurückgehalten werden.

Von Einfluss auf die Menge des Filtrats sind nach Liebig und W. Schmidt 1) Die Beschaffenheit der Membran und 2) der Flüssigkeit. Durch eine Schweinsblase filtrirt Wasser am Besten, weniger gut Salzwasser und Weingeist, am wenigsten Oel. Je leichter eine Membran sich mit einer Flüssigkeit imbibirt, ein desto besseres Filtrum ist sie in der Regel für dieselbe. Nach Weikart nimmt die Filtrationsgeschwindigkeit sehr verdünnter Lösungen in folgender Reihenfolge ab: Harnstoff, Traubenzucker, Clornatrium, phosphorsaures Natron (bloss $^1/_2$ von Harnstofflösungen). 3) Mit steigender Concentration nimmt nach Schmidt bei Salzlösungen die Filtrationsgeschwindigkeit ab und zwar anfangs rasch, später langsam; nur bei gewissen Salzen, z. B. Salpeter, steigt die Geschwindigkeit wieder von einem bestimmten Concentrationsgrad an. 4) Zunahme der Temperatur und 5) des Druckes, welcher die Poren der Membran erweitert, beschleunigen den Vorgang.

Die Eigenschaften des Filtrats sind von besonderem Interesse. Es sind 3 Fälle möglich: 1) Keine oder beinahe keine Veränderungen, z. B. bei vielen Salzlösungen. 2) Merklich geringer concentrirt ist das Filtrat von Gummi- und Eiweisslösungen, überhaupt von gelatinösen (30) Substanzen. Diess ist nach W. Schmidt um so mehr der Fall, je höher die Temperatur, je geringer der Druck und je niederer die Concentration der filtrirenden Flüssigkeit. Bei sehr schwachen warmen Eiweisslösungen filtrirt desshalb bloss Wasser. 3) Das Filtrat ist (etwas) concentrirter, z. B. bei nicht zu schwachen Salpeterlösungen.

Wird ein Körper der ersten Reihe, z. B. Kochsalz oder Harnstoff, zur Lösung eines Körpers der zweiten Reihe, z. B. Gummi, gesetzt, so sinkt im Filtrat die Concentration des letzteren noch mehr, während die des ersteren (der für sich unverändert filtriren würde) steigt. Eine Lösung von 2,66 % Kochsalz und 3,15 Gummi enthielt, nachdem sie durch Herzbeutel filtrirte, 2,70 Kochsalz und 1,65 Gummi (W. Schmidt).

Da die Membranen imbibitionsfähiger sind für Wasser und für Lösungen niederen Gehaltes, so hat man die Hypothese aufgestellt, die Poren seien erfüllt mit concentrischen Schichten der Lösung, die gegen die Porenwände zunehmend verdünnter würden. Dafür spricht auch die Erfahrung Schmidt's, dass die Membran, welche sich contrahirt, wenn der Druck der Flüssigkeitssäule auf Null herabgesetzt wird, alsdann Tropfen auspresst, die geringer concentrirt sind als das gewöhnliche Filtrat. Wird desshalb während des Versuchs der Druck oft auf Null erniedrigt, so ist die Concentrationsabnahme des Filtrates besonders gross, weil die wässerigen Porenschichten mitausgepresst werden.

B. Physiologischer Theil.

32. Uebersicht.

Die bisher betrachteten physikalischen Vorgänge, namentlich die Endosmose, wiederholen sich in den ausserordentlich verwickelten und der direkten Untersuchung viel weniger, ja meistens selbst gar nicht, zugänglichen Erscheinungen des physiologischen Stoffwechsels. Desshalb lassen sich nur allgemeine Analogien zwischen dem physikalischen und dem physiologischen Vorgang aufstellen, nicht aber die, nach den einzelnen Geweben und Organen vielfach wechselnden, besonderen Erscheinungen des Stoffwechsels genügend erklären. Der physiologische Stoffwechsel geschieht vorzugsweise in den Capillaren, vermittelt und begünstigt 1) durch die Feinheit der Wandungen dieser, von keiner Epitellage bekleideten Gefässe; 2) durch die grosse Zahl der Capillaren und die dadurch ermöglichte ungeheure Berührungsfläche und 3) durch die Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung des Blutes einerseits und der Gewebesäfte andererseits. Durch die Capillarwände treten immer zwei Ströme in entgegengesetzter Richtung, doch überwiegt meistens einer nach Masse, oder nach seinen, an Ort und Stelle erzielten physiologischen Leistungen derartig, dass man ihn vorzugsweise betrachtet und darnach den Vorgang zu benennen pflegt. Man unterscheidet als Grundformen des Ortswechsels der Materie im Körper: Aufsaugung, Absonderung und Ernährung.

a) **Aufsaugung.**

33. Localitäten.

Unter Aufsaugung im engeren Sinn (Absorption) versteht man den durch die Capillarwände vermittelten Uebergang tropfbarflüssiger Stoffe in das Gefässsystem. Wir unterscheiden 1) Aufsaugung von Nährstoffen, im Nahrungsschlauch (188). 2) Aufsaugung von Secretbestandtheilen (40. II.). 3) Aufsaugung

von pathologischen Ergüssen; die Möglichkeit der Heilung ist eben durch die allmälige Wiederaufnahme (Resorption) der Exsudatbestandtheile gegeben. 4) Ueberhaupt sind die Gefässe überall im Stand, Flüssigkeiten, mit denen sie z. B. durch eine angelegte Wunde in Berührung kommen, aufzusaugen. Der Vorgang der Aufsaugung ist somit einer der allgemeinsten im Organismus. Flüssigkeiten in das subcutane Bindegewebe eingespritzt, werden rasch aufgesaugt; Amygdalin z. B. ist nach 3—4 Minuten im Blut nachweisbar, vom Magen aus erst nach 14 Minuten; Jodkalium kommt nach 1½—3 Minuten im Parotisspeichel zum Vorschein (Eulenburg); Demarquay gibt einen etwa 8mal grösseren Zeitwerth an.

Auch feine feste Partikelchen, z. B. Kohlenstaub, können die Capillarwände durchdringen. Versuche von Herbst, Oesterlen, Moleschott u. A. sprechen für einen solchen, jedoch nur in beschränktem Grad erfolgenden Uebergang, namentlich von der Darmschleimhaut aus. Ob dieser Uebergang auf präformirten Wegen erfolgt, oder nur durch Schleimhautrisse, theilweisen Verlust des Epitelialüberzuges u. s. w. begünstigt wird, ist nicht sicher zu entscheiden. Ebenso kann bei anhaltendem Aufenthalt in einer mit Russ und feinem Staub geschwängerten Luft die Lunge — und zwar das Epitel der Lungenzellen, besonders aber das die Lungenzellen und Lungenläppchen umgebende Bindegewebe — grössere Ansammlungen von solchen feinen Partikelchen enthalten, die durch den Lymphstrom theilweis bis in die Bronchialdrüsen geführt werden.

Den allgemeinen Bedeckungen wurde früher ein bedeutendes Resorptionsvermögen zugeschrieben. Neuere Versuche von Demarquay, Reveil u. A. haben im Gegentheil dargethan, dass die Epidermis der Aufsaugung geradezu entgegenwirkt. Nach Bädern mit arsenigsaurem Natron, Blutlaugensalz, Jodkalium u. s. w. lassen sich diese Stoffe in der Regel nicht einmal spurweis im Harn, Speichel u. s. w. nachweisen. Ebenso fehlen nach Bädern mit Belladonna, Digitalis u. s. w. die leicht kenntlichen Arzneiwirkungen dieser Medicamente. Taucht man den ganzen Arm in ein Wasserbad von etwa 18° C., so verschwinden während 1 Stunde bloss etwa 2—3 Gramme Wasser, ein kaum nennenswerther Verlust, der zum Theil sogar nur auf einer blossen Imbibition der Epidermis mit Wasser beruht.

Die ärztliche Erfahrung zeigt übrigens, dass gewisse Arzneistoffe, z. B. Quecksilbersalbe, von der Haut aus in die Säftemasse übergehen, wenn dieselben eingerieben werden; der Uebergang erfolgt hier durch Einpressen in die Schweissdrüsenöffnungen. Entfernt man aber die Epidermis, z. B. mittelst eines Blasenpflasters, so zeigt die blossgelegte Lederhaut ein bedeutendes Resorptionsvermögen, welches therapeutisch in Anspruch genommen wird; Jodkali erscheint z. B. nach 4 Minuten schon im Speichel (Demarquay).

Das Talgdrüsensecret, mit etwa 30 % Fetten, wirkt einölend auf Haare und Epidermis und mindert die hygroscopische Beschaffenheit und das Resorptionsvermögen dieser Gebilde. Bringt man jedoch Substanzen in Alkohol gelöst, mit der Haut in längeren Contact, so tritt mässige Absorption ein (Parisot). Atropin in Chloroform gelöst, macht von der Haut aus die Pupille weit. Auch ist zuzugeben, dass bei einem gewissen Quellungszustand der Epidermis in Folge einer Reihe voraufgegangener Bäder, eine kleine Menge medicamentösen Stoffes aus dem Badwasser unter Umständen absorbirt werden kann.

34. Verschiedene Wege der Absorption.

Bringt man in eine Wunde eine resorbirbare Lösung, z. B. von Blutlaugensalz, welches bei der Empfindlichkeit seiner Reaction besonders leicht nachweisbar ist, so dringt 1) ein Theil derselben in die benachbarten Gewebe, also von Schicht zu Schicht, bis zu einer gewissen Tiefe und zwar umsomehr, je concentrirter die Lösung ist (Mitscherlich). 2) Das Meiste wird von den Blutgefässen aufgesaugt und mit dem Blutstrom fortgerissen, wodurch die Möglichkeit einer ununterbrochenen, raschen Resorption gegeben ist. Gifte z. B. gelangen auf diesem Wege sehr schnell zur Wirkung. 3) Eine dritte Portion wird von den Lymphgefässen aufgesaugt, jedoch viel langsamer als von den Blutcapillaren, schon wegen der trägeren Circulation im Lymphsystem. Eben wegen der langsamen Bewegung der Lymphe kann eine in das Unterhautzellgewebe eingespritzte Flüssigkeit in der Lymphe leichter und früher unter Umständen nachgewiesen werden, als in den benachbarten Blutgefässen, deren Strom das Absorbirte schnell fortführt, wo es dann durch die ganze Blutmasse ausserordentlich verdünnt wird. Aus obiger Erfahrung kann also nicht geschlossen werden, dass das Lymphsystem schneller absorbire als die Blutgefässe.

Durchschnitt Magendie alle Theile einer Extremität, die Hauptarterie und Vene ausgenommen, so trat nach Einverleibung des Giftes in die Extremitätenspitze Vergiftung ein und zwar mit gewöhnlicher Schnelligkeit. Um den Anfang der Vergiftungssymptome leicht zu erkennen, wählt man Strychnin, welches heftige Krämpfe veranlasst. Unterbindung der Blutgefässe einer Extremität hebt dagegen die Giftwirkung auf; eben so wenig kann ein Frosch, der bei unterbundenem Herzen noch Stundenlang fortlebt, vergiftet werden. Daraus darf aber nicht gefolgert werden, dass die Lymphgefässe keine Gifte aufsaugen; die Lymphströmung in den Extremitäten hört nämlich auf, wenn die Blutcirculation daselbst zum Stocken kommt. Brachte Hunter in eine Darmschlinge ein Gift und unterband er die Lymphgefässe der Schlinge, mit Schonung der Blutgefässe, so trat die Vergiftung mit gewöhnlicher Schnelligkeit ein; sehr viel langsamer aber, wenn die Blutgefässe unterbunden und die Lymphgefässe frei gelassen wurden. Letzterer Versuch ist im Princip falsch; abgesehen davon, dass ein regelrechter Lymphstrom bei unterbundenen Blutgefässen nicht möglich ist, verhält sich die Darmschlinge ohne Blutcirculation bald wie eine gemeine Endosmosenmembran; das Gift transsudirt nach und nach durch die Darmwand und kann, von den Nachbartheilen resorbirt, später zur Wirkung gelangen.

35. Einzelbedingungen der Resorption.

Zu messenden Versuchen eignen sich am besten oben und unten unterbundene Darmschlingen, welchen der zu resorbirende Stoff einverleibt wird. Von Einfluss auf den Vorgang ist: 1) Die Beschaffenheit der aufsaugenden Fläche und 2) die Natur der aufsaugenden Substanz. Manche fixe Contagien z. B. das der Hundswuth, werden nicht aufgesaugt von der Darmschleimhaut; durch Wunden an irgend welchen Körperstellen gelangen sie aber schon in kleinster Menge zur Wirkung. Auch die Pfeilgifte, z. B. Curare, werden in der Regel nur schwer, d. h. nur wenn sie in sehr grosser Menge einverleibt wurden, von Schleimhäuten absorbirt. Sub-

stanzen von kleinem endosmotischen Aequivalent werden durchschnittlich schneller aufgesaugt; Zucker z. B. viel schneller als Eiweiss; der Eiweissstrom gegen Wasser und wässrige Lösungen wird jedoch gefördert bei alkalischer Reaction der letzteren (Heynsius). 3) Die Blutmenge, welche durch die aufsaugende Fläche fliesst. Aderlässe setzen ebensowohl die Gesammtblutmenge des Körpers, als die in der Zeiteinheit circulirenden Blutmassen herab; sie verzögern sehr entschieden den Eintritt sowohl der ersten Vergiftungssymptome als auch des Todes (Kaupp). Desshalb beruht die Anwendung der Aderlässe in der Absicht, krankhafte Ergüsse schneller zur Aufsaugung zu bringen, auf einem Irrthum. 4) Concentration der Lösung; je grösser dieselbe, desto stärker und schneller ist die Resorption (Becker). 5) Das Schicksal des bereits Resorbirten. Wird letzteres schnell chemisch umgesetzt in der Blutmasse, oder durch Ausscheidungen entfernt, so rücken neue Mengen leichter nach.

Die Wirkung der in das Blut übergetretenen Substanz auf den Organismus hängt selbstverständlich von der Stärke ihrer gleichzeitigen Wiederausscheidung durch die Secretionen, namentlich den Urin ab. Die Unschädlichkeit der Einverleibung von Pfeilgiften in den Magen will Hermann nicht durch das geringere Resorptionsvermögen der Schleimhaut für diese Körper, sondern dadurch erklären, dass der in das Blut eingedrungene Antheil alsbald durch die Nieren entfernt werde. Nach Unterbindung der Nieren treten die Wirkungen ein. Es ist übrigens nachgewiesen, dass frische Schleimhaut als Endosmosenmembran benutzt, dem Pfeilgift den Durchgang nicht gestattet.

b) Absonderung.

36. Grundbedingungen der Absonderung.

Die Absonderungsorgane bestehen im Wesentlichen aus einer secernirenden Membran (am häufigsten Schleimhaut oder seröse Haut), deren freie Fläche mit einer Epitelialauskleidung versehen ist, und aus einem die Absonderungsmembran umspinnenden Blutcapillarsystem. Alle Absonderungen entstehen aus einem Material von gleicher Beschaffenheit, dem arteriellen Blut; nur die Galle wird aus venösem Blut gebildet. Die Absonderungsmembran ist entweder eine einfache Fläche (seröse Häute) oder es findet eine Flächenvermehrung statt (Absonderungsdrüsen), die bei einzelnen Drüsen ausserordentlich gross ist im Vergleich zum Volum der Drüse. Man unterscheidet als Haupttypen die sackförmige, baumförmige, röhrenförmige und netzförmige Anordnung der Drüsenkanäle. Die Oberflächenvermehrung begünstigt die Secretmenge wesentlich; auf die Qualität der Secretionen ist dagegen der Bau der Drüse von keinem nachweisbaren Einflusse.

Die auf der freien Fläche der Absonderungsmembranen hervortretenden Flüssigkeiten entstehen dadurch, dass Bestandtheile der Blutflüssigkeit die Capillarwände und die secernirende Membran durchsetzen. Die Blutflüssigkeit tritt aber nicht in toto aus den Capillarwänden, sondern, vermöge der ungleichen Beschaffenheit der einzelnen Absonderungsmembranen, dieser Bestand-

theil mehr, jener weniger, ein dritter gar nicht, während endlich ein vierter in der Drüsenmembran chemisch verändert werden kann. Die Absonderungen sind somit nicht bloss von der Blutflüssigkeit, sondern auch wiederum unter sich selbst mehr oder weniger verschieden, indem sie in Farbe, Reaction, Leicht- und Schwerflüssigkeit, specifischem Gewicht, chemischer Zusammensetzung u. s. w. bedeutend von einander abweichen. Vom chemischen Standpunkt kann man sie eintheilen in 1) Eiweisshaltende, in welchen Eiweisskörper oder Abkömmlinge von solchen (Schleimstoff) die wesentlichsten Bestandtheile bilden (Pancreatischer Saft, Schleim, Milch u. s. w.). 2) Acide z. B. Magensaft, Schweiss. 3) Fettige (Hauttalg, Ohrenschmalz, Wachs der Bienen) und endlich 4) solche, in welchen Produkte der rückbildenden Metamorphose, also Excretionsstoffe die wesentlichen Bestandtheile bilden (Harn).

37. Ausschwitzung und Secretion.

Die Absonderungen zerfallen in zwei Gruppen. I. Einfache Ausschwitzungen. Alle Bestandtheile derselben sind im Blute schon als solche enthalten, die Blutbestandtheile treten durch die Absonderungsmembranen ohne chemisch verändert zu werden, das Abgesonderte ist sonach bloss ein Educt aus der Blutflüssigkeit. Hierher gehören: Thränen, Hirn- und Rückenmarksflüssigkeit, Humor aqueus des Auges, Fruchtwasser, die Flüssigkeiten der meisten serösen Häute, Harn, Schweiss.

Manche dieser Flüssigkeiten weichen in ihren Eigenschaften von der Blutflüssigkeit verhältnissmässig wenig ab, sie werden als Ausschwitzungen (Transsudate) im engern Sinn bezeichnet. Hierher gehören namentlich die Transsudate der serösen Häute. Dieselben sind farblos, durchsichtig, von alkalischer Reaction; sie enthalten bloss 1—4% Fixa und zwar veränderliche Mengen Eiweiss, Fette und fettähnliche Körper in kleinen, Extractivstoffe in verhältnissmässig grösseren Antheilen, sowie die gewöhnlichen Blutsalze.

Auch viele pathologische Ausschwitzungen, die Transsudate in der Wassersucht, die durch Blasenpflaster verursachten Ausschwitzungen zwischen Epidermis und Lederhaut u. s. w. bieten ähnliche Eigenschaften. Ueber den fibrinogenen Körper bei wässrigen Ausschwitzungen in der Hodenscheidehaut s. § 15.

Andere Flüssigkeiten stehen viel eigenartiger da, insofern sie Bestandtheile in verhältnissmässig sehr grosser Menge führen, die im Blute nur in untergeordneten Antheilen vorkommen; die Absonderungsmembran übt also auf diese Blutbestandtheile eine ganz besondere Anziehung aus. Hieher gehört z. B. der Harnstoff des Urines. Wird desshalb die Ausscheidung des Harnes in Folge von Entartung oder Ausrottung der Drüse gehemmt, so muss sich Harnstoff im Blut ansammeln.

II. Secretionen im engeren Sinne. Diese enthalten zweierlei Bestandtheile: 1) einfache Educte aus dem Blute, z. B. Wasser, Salze und 2) neue Stoffe, die, als Produkte der Drüsenthätigkeit, den einzelnen Secreten eigenthümlich sind und von dem Secretwasserstrom gewissermaassen mit fort-

gerissen werden, z. B. die spezifischen Säuren der Galle, die sog. Fermentkörper der Verdauungssäfte. Diese spezifischen Stoffe spielen eine wesentliche Rolle im Getriebe derjenigen Functionen, an denen die Secrete sich betheiligen.

38. Epitelien der Drüsenmembranen.

Die Constanz der Epitelien deutet auf wichtige Beziehungen zur Absonderung. Die Epitelschicht, welche die secernirende Fläche der Drüse überzieht, muss, als eine mit besonderen endosmotischen Kräften begabte Membran, von Einfluss auf die Transsudation selbst sein. In denjenigen Drüsen, welche Secrete im engeren Sinne bilden, dürften ausserdem die Epitelzellen das Absonderungsmaterial zu eigenthümlichen Absonderungsstoffen verarbeiten. Aber auch die grössern Drüsenkanäle, welche kein specifisches Secret bilden, sondern bloss als Ausführungsgänge dienen, sind mit Epitel und mit einer sehr dünnen Schleimlage überzogen; dadurch wird die Resorption des Secretionswassers sehr erschwert, die Resorption gewisser gelöster Secretbestandtheile aber verhütet.

Die Epitelzellen mischen sich den Secreten selbst bei. Die einfachen Ausschwitzungen, so wie eine Anzahl wahrer Secrete, z. B. die Galle, enthalten solche morphologische Bestandtheile nur vereinzelt, gewissermaassen zufällig. Manche Secrete dagegen, z. B. der Schleim, führen diese Beimischungen in grossen Mengen, so zwar, dass die abgestossenen Zellen mit dem Secretionsfluidum in endosmotische Wechselwirkung treten, sich selbst zum Theil in ihm lösen und die Charaktere des Secretes bestimmen (s. Schleim, 41). Das Talgdrüsensecret der Haut besteht fast nur aus Zellen und zerfallenen Zellen. Bei der Samenbereitung endlich spielen die sog. Epitelien der Samenkanälchen eine ganz besondere Rolle.

39. Schwankungen der Absonderungsthätigkeit.

Die absondernde Thätigkeit einer und derselben Drüse bleibt sich weder quantitativ, noch qualitativ gleich. Manche Absonderungen geschehen intermittirend und nach bestimmten äusseren Veranlassungen, z. B. die des Magensafts; andere werden ohne Unterbrechung gebildet, jedoch mit grösseren oder geringeren Schwankungen ihrer Mengen und Qualitäten, z. B. der Harn; andere endlich treten nur in gewissen Lebensperioden auf (Milch- und Samensecretion).

Der Gegendruck des in den Drüsenkanälen enthaltenen Secretes gegen die nachrückenden Absonderungsmassen kommt unter normalen Verhältnissen wenig in Betracht. Nimmt aber der Druck der Secretmassen, z. B. nach Unterbindung des Ausführungsganges, zu, so wird in manchen Drüsen (Leber, Niere) das Nachrücken neuer Mengen erschwert oder gänzlich gehemmt, in anderen dagegen, z. B. den Speicheldrüsen, können unter solchen Umständen die Drüsenkanäle stark ausgedehnt werden, sodass der Druck des Angesammelten grösser

wird als der Blutdruck (Ludwig), gleichwohl aber ist die Secretion nicht vollständig aufgehoben. Die Secretmassen können nunmehr durch die Wände der Ausführungsgänge abnormer Weise durchschwitzen oder in einzelnen Fällen den gespannten Ausführungsgang sogar zum Bersten bringen.

Der Secretionsvorgang beruht auf Molecularwirkungen der Drüsenmembranen; Veränderungen im Druck des Blutes wie der Secrete ändern desshalb die Secretionen nicht wesentlich, sondern modificiren dieselbe bloss mehr oder weniger. Der Einfluss des Blutdruckes auf die Secretionen ist häufig, namentlich auf Grund falsch interpretirter und keineswegs eindeutiger pathologischer Erfahrungen, sehr übertrieben worden; in kleinen Thieren ist der Blutdruck gering, trotzdem erfolgen hier die Secretionen, relativ zum Körpergewicht, in reichlichen Mengen.

Endlich steht die Zusammensetzung der Secrete in einer gewissen Abhängigkeit von der Blutbeschaffenheit, doch kennt man die Grösse dieser Abhängigkeit für die normalen Schwankungsgrenzen der Secretionen nicht näher. Verändert man das Blut stark, z. B. durch Wassereinspritzungen, so werden die Secrete wässeriger; nach Kochsalzinjectionen werden dieselben viel reicher an diesem Bestandtheil. Es können selbst nach eingreifenden Veränderungen der Blutmischung, Bestandtheile in grosser Menge in den Secreten auftreten, die normaliter in ihnen fehlen; z. B. starke Wasserinjection in das Blut macht den Harn eiweisshaltig.

Die Zunahme der Absonderung ist begleitet: 1) von grösserem Blutreichthum der Drüse. Es strömt mehr Blut durch die Drüse; damit will aber nicht behauptet werden, dass die stärkere Blutzufuhr an sich schon grössere Secretmengen bedinge. Es greifen nämlich noch wesentlich ein 2) die »Stimmungen«, die variabelen endosmotischen Kräfte (wir müssen uns mit solchen vagen Ausdrücken begnügen) der Drüsenmembranen; welche ihrerseits wieder in einer gewissen Abhängigkeit vom Nervensystem zu stehen scheinen (92). 3) Starke Vermehrung einer Absonderung kann gewisse andere Absonderungen erheblich vermindern. Ein derartiger Antagonismus besteht z. B. zwischen Haut und Nieren; reichlicher Schweiss mindert das Harnvolumen bedeutend.

40. Fortschaffung des Abgesonderten.

Diese hängt zunächst ab von der Form der Absonderungsmembran.

I. Die Membran bildet eine geschlossene Höhle (seröse Säcke, Synovialkapseln der Gelenke). Das Abgesonderte ist eingesackt und kann als Ganzes nicht abfliessen, wohl aber durch Aufsaugung seiner Einzelbestandtheile nach und nach entfernt werden und neuen Massen Platz machen. Der Stoffwechsel ist hier nicht bedeutend; er wird ermöglicht, indem gewisse Bestandtheile des Abgesonderten sich chemisch umsetzen und zugleich die Blutbeschaffenheit sich etwas ändert. Beide Fälle führen zu gegenseitigen Endosmosenströmen.

Ueber die neuerdings behauptete offene Communication gewisser seröser Cavitäten mit Lymphgefässen s. Cap. XII.

II. Die Absonderungsmembran stellt eine freie Fläche dar. Das Abgesonderte kann als Ganzes ablaufen und somit neues Material leicht nachrücken. Gewisse Absonderungen sammeln sich in grösseren Behältern an, um aus diesen periodisch ergossen zu werden (Urin, Galle). In diesen Behältern

erleiden sie nachträgliche Veränderungen, namentlich durch theilweise Wasserresorption.

Bezüglich ihrer weiteren Schicksale kann man die Absonderungen eintheilen in 1) reine Secretionen, welche specielle physiologische Verwendungen finden (z. B. Verdauungssäfte, Samen). 2) Reine Excretionen. Das Abgesonderte wird unbenützt ausgestossen aus dem Körper (Harn, Schweiss). 3) Gemischte Absonderungen. Gewisse Bestandtheile werden wieder in die Blutmasse aufgesaugt, überhaupt weiter verwerthet, andere aber werden ausgestossen (Galle).

41. Schleim.

Dieses Secret überzieht als dünne oder dickere Schicht die Oberfläche der Schleimhäute, hält dieselben schlüpfrig und modificirt (s. 38) deren Absorptionsvermögen. Obschon der Schleim je nach den Körperlocalitäten Verschiedenheiten bietet, so ist die Aufstellung einer »Schleimsecretion« als Collectivbegriff gleichwohl gerechtfertigt; desshalb betrachten wir hier diesen Prozess, der in verschiedenen Einzelfunctionen im Wesentlichen in derselben Weise wiederkehrt. Das Secret ist viscös, farblos oder schwach weisslich-trüblich, in der Regel von alkalischer Reaction, mit 4—6% Fixa. Der Hauptbestandtheil ist ein stickstoffhaltiger Körper: Schleimstoff (Mucin), der übrigens in verschiedenen anderen Geweben, in den Lymphdrüsen, Sehnen u. s. w. ebenfalls vorkommt. Derselbe wird nicht gefällt durch Kochen, wohl aber durch Alkohol, Säuren, Alaunlösung u. s. w.; in Wasser ist er bloss quellbar und verleiht dadurch dem Secret den Charakter der Klebrigkeit. Ausserdem sind kleine Mengen Eiweiss, sowie relativ viele Chloralkalien in manchen Schleimarten hervorzuheben. Die Stärke der Secretion ist nicht zu messen; krankhafter Weise (in katarrhalischen Zuständen der Schleimhäute) kann sie bedeutend zunehmen. Das Secret enthält abgestossene Zellen der oberflächlichen, älteren Epitelschicht in grosser Menge, sowie auch sog. Schleimkörperchen, runde granulirte Zellen, die im Allgemeinen den Typus der farblosen Blutkörperchen, Chyluskörperchen, Eiterkörperchen u. s. w. wiederholen.

Die Schleimkörperchen stellen nach der gewöhnlichen Annahme junge abgestossene Epitelzellen aus den Schleimdrüschen dar; im normalen Secret sind sie relativ sparsam, im Katarrh der Schleimhäute aber nehmen sie ungeheuer zu. Die Hauptquellen der Schleimabsonderung sind die Schleimdrüsen selbst, deren Mengen- und Formverhältnisse in den verschiedenen Schleimhautbezirken übrigens bedeutend wechseln; doch trägt auch die freie Schleimhautoberfläche zur Absonderung bei; an gewissen Schleimhautstellen fehlen sogar die Drüschen.

Die Betheiligung des Epitelialüberzuges bei der Schleimbereitung wurde schon in 38 angedeutet. Die den Epitelien verwandten Epidermiszellen sind löslich in verdünnter Kalilauge; eine solche Lösung bietet auffallende Aehnlichkeiten mit schleimhaltigen Flüssigkeiten. Auch die Gelenkflüssigkeit (115) enthält einen dem Mucin analogen Körper, welchen Frerichs von abgestossenen und in der alkalischen Synovia nachträglich aufgelösten Epitelzellen der Synovialmembran ableitet. Die Annahme ist somit nicht ungegründet, dass die Auflösung oder doch theilweise Extraction von Epitelzellen zur Bildung der wesentlichsten Bestandtheile des Schleimes beitragen.

42. Flimmerbewegung.

Der Epitelüberzug gewisser Schleimhäute ist mit feinen, in lebhafter Bewegung begriffenen Wimperhärchen versehen (Purkinje und Valentin). Aehnliche Bildungen kommen in der Thierwelt, in den verschiedensten Formen, bis hinab zu den Infusoria ciliata, vielfach vor.

Im menschlichen Körper sind mit Flimmerhärchen versehen 1) Nasenhöhle (mit Ausnahme ihrer untersten Stellen) und deren Nebenhöhlen; nur in den Thränenwegen fehlen die Wimpern nach R. Maier, 2) oberster Theil des Schlundes sammt Eustachischer Röhre und Trommelhöhle, 3) Schleimhaut der Athemwerkzeuge, die Lungenzellen ausgenommen, 4) Höhle der Gebärmutter und Fallopische Röhren, 5) Kopf des Nebenhoden. Ausserdem kommt die Wimperbewegung vor in den Hirnhöhlen.

Die Härchen bestehen aus einer contractilen Substanz, ähnlich der sog. Sarcode der Protozoen. Unter regelrechten Verhältnissen schwingt jedes Haar in einer, senkrecht auf der Oberfläche der Zelle stehenden Ebene, mindestens etwa 12mal in der Secunde. Gewöhnlich kommt aber die Erscheinung in einem gewissen Stadium der Verlangsamung der Bewegung (mit etwa 1—3 Schwingungen p. Secunde) zur Beobachtung, wobei die Fläche ein eigenthümliches flimmerndes Ansehen bietet. Jede ganze Schwingung eines Härchens besteht aus einer längeren Contraction und einer kürzer dauernden Erschlaffung (Engelmann). Die Bewegungen erzeugen Ströme an den Wänden der Fläche, wodurch feine Körperchen, z. B. Kohlenstaub, ziemlich schnell (auf der Respirationsschleimhaut nach Biermer in 1 Minute 2—3 Linien weit) fortbewegt werden. Die nächste Bedeutung der vom Nervensystem durchaus unabhängigen und Stunden lang nach dem Tode fortdauernden Bewegung besteht in der Fortbewegung des Schleims gegen die Ausführungsgänge hin. In Sauerstoff erhält sich die Bewegung besonders lang; wenn sie verlangsamt oder aufhört, wird sie wieder angeregt durch mechanische Erschütterungen (Valentin), durch elektrische Schläge, nicht aber den constanten Strom (Engelmann), sowie durch gewisse Zusätze, z. B. verdünnte Kalilösung (Virchow). Eine grosse Anzahl anderer Substanzen dagegen verlangsamt, oder vernichtet diese Bewegungen.

c. Stoffwechsel der Gewebe und Organe.

43. Der parenchymatöse Stoffwechsel überhaupt.

Die Ersatzstoffe der Gewebe stammen aus dem Blut. Die Ernährung eines Körpertheils und dessen physiologische Leistungen nehmen daher ab nach Erschwerung der Blutzufuhr, während vollständige Hemmung der letzteren Störungen des Stoffwechsels und Vernichtung des normalen Baues nach sich zieht, die sich äusserlich als sog. Brand und Absterben des Theiles kundgeben.

Die Beziehungen zwischen Blut und Geweben sind wechselseitige. Letztere sind infiltrirt von den sog. Gewebsäften, deren Bestandtheile abstammen:

1) unmittelbar vom Blute, um entweder Bestandtheile der Gewebe selbst zu werden, oder in die Lymphgefässe überzutreten und 2) von den Geweben, deren Thätigkeit begleitet ist von chemischen Umsetzungen. Die Produkte dieser Umsetzungen, z. B. Harnstoff, Kohlensäure, gehen zurück in das Blut und zwar direkt durch die Wände der Capillargefässe. Wir haben also, wenn wir absehen von den zur Bildung von Lymphe verwendeten Stoffen, zu unterscheiden einen Strom in der Richtung gegen die Gewebe, und einen zweiten Strom gegen das Blut. Der erstere liefert den Geweben die Ersatzstoffe, Bestandtheile die einer progressiven Metamorphose entgegengehen: Proteinkörper, Fette, Salze (gewisse Extrativstoffe); der zweite Strom führt Stoffe der regressiven Metamorphose, die als Auswürflinge zunächst ins Blut übergehen, um schliesslich durch gewisse Absonderungen aus dem Körper entfernt zu werden. Das Blut stellt den allgemeinen Mittel- und Durchgangspunkt dar für den Stoffwechsel überhaupt, die speciellen Gewebesäfte dagegen sind die besonderen Centralpunkte, die Mittelglieder für die in den einzelnen Geweben nach verschiedenen Richtungen hin erfolgenden Stoffbewegungen.

Der Stoffwechsel zwischen Blut und Geweben erfolgt ohne Unterlass, jedoch mit bedeutenden quantitativen und qualitativen Abänderungen entsprechend den jeweiligen Thätigkeitszuständen des Gesammtorganismus und der Einzelorgane insbesondere. Jede Functionssteigerung hat sogleich zur Folge einen grösseren örtlichen Blutzufluss, vermehrten Stoffverbrauch von Seiten des mehr leistenden Organes, stärkere Aufnahme von Ersatzmaterial aus dem Blut, vermehrte Abgabe von Produkten der regressiven Metamorphose zurück in das Blut, sowie endlich Zunahme der Bildung der Organlymphe.

Die verschiedenen Organe und Gewebe zeigen hinsichtlich der Stärke ihres Stoffwechsels die grössten Unterschiede. Zahlenwerthe aber der relativen, geschweige der absoluten, Stoffwechselgrössen der einzelnen Organe und Gewebe können nicht aufgestellt werden. Es fehlen somit die Grundelemente einer Physiologie der Ernährung der Gewebe. Einige Anhaltspunkte, wenigstens über die relativen Stoffwechselmassen geben: der Blutgehalt der Theile (solche mit bedeutendem Stoffwechsel enthalten ein reichliches Blutgefässnetz); die Erfahrungen über die Geschwindigkeit der Verheilung von Wunden und den Regenerationsprocess (49), sowie über die Zeitdauer des Eintretens der Functionsuntüchtigkeit oder des Brandes nach Hemmung der Blutzufuhr. Gewisse physikalische Eigenschaften: Cohäsion, Imbibitionsfähigkeit dürften ebenfalls zu beachten sein; der Imbibition zugänglichere Theile zeigen einen stärkeren Stoffwechsel. Klinische Erfahrungen, z. B. die Vergleichung der Zeitdauer gewisser Krankheitsprocesse in verschiedenen Geweben und Organen würden, richtig interpretirt, mancherlei Aufschlüsse bieten.

44. Abhängigkeit der Ernährung vom Blut.

Dass die Blutbeschaffenheit von Einfluss sein muss zunächst auf die Gewebesäfte, ist klar. Der jeweiligen Blutmischung entspricht also in jedem Organ eine bestimmte Zusammensetzung des Gewebsaftes; nach plötzlicher Aenderung des ersteren ändern sich sogleich auch die letzteren. Künstlicher Wasserreichthum des Blutes, z. B. durch starke Wassereinspritzung in den Kreislauf, bewirkt einen höheren Wassergehalt der Organe, in einzelnen derselben sogar Wassersuchten (Oedeme, Hydropsien). Nach Injection von Salzen

in das Blut, z. B. von dem leicht nachweisbaren Ferrocyankalium, geht augenblicklich ein Theil des Einverleibten über in die Gewebe.

Diese eingreifenden Wirkungen sind leicht zu constatiren, die Einflüsse aber der innerhalb engerer Grenzen schwankenden normalen Blutbeschaffenheit auf die Ernährung der Einzelorgane sind unbekannt. Merkwürdigerweise erträgt das Blut, wenigstens in einigermaassen kräftigen Individuen, sehr bedeutende und plötzliche Qualitätsänderungen, ohne dass eingreifende Störungen nothwendig eintreten, wie die Transfusion des Blutes beweist. Man kann einem Thiere Blut entziehen und demselben, zum Ersatz solches eines anderen Individuums derselben Art, ja selbst fremder Gattungen ohne Nachtheil in die Adern spritzen. Man wählt dazu entweder defibrinirtes arterielles oder normales Blut, das direkt von einer Arterie des einen, in eine Vene des anderen Individuums übergeleitet wird. Bischoff und Andere injicirten sogar kleine Mengen defibrinirtes Säugethierblut ohne Beeinträchtigung in die Adern von Vögeln und umgekehrt. Man kann selbst einem grösseren Säugethier, durch portionenweise Blutentziehungen und entsprechende Einspritzungen von Ersatzmassen aus anderen Thieren derselben Art, sein ursprüngliches Blut ohne sichtlichen Nachtheil vollständig entziehen. Nach Transfusion von defibrinirtem Blut ist der Faserstoff in 48 Stunden nahezu wiederhergestellt (Panum).

Desshalb ist es wahrscheinlich: dass zunächst nur die Gewebsäfte, gewissermaassen die Continuationen der Blutflüssigkeit in das Parenchym der Organe, von der Blutflüssigkeit unmittelbar abhängig sind, weniger aber die eigentlichen Bestandtheile der Gewebe. Dadurch ist den Organen eine gewisse, für ihre Functionirungen unentbehrliche Selbstständigkeit verliehen, gegenüber den sie durchziehenden Säften.

Erhöhung des Blutdruckes (durch Reizung sensibeler Nerven z. B.) vermehrt den Austritt von Wasser in die Gewebe, die Lymphe und Secretionen, sodass das specifische Gewicht des Blutes um 3—5 p. 1000 steigt (Nasse).

Die beim parenchymatösen Stoffwechsel zunächst wirkenden Kräfte sind 1) einfachere physikalische, namentlich die Molekularkräfte, wie sie z. B. in der Endosmose und Imbibition auftreten, 2) aber auch chemische Attractionen, welche z. B. den Uebergang von Sauerstoff aus dem Blut in das Parenchym grossentheils bedingen. Die Specifität der Ernährungserscheinungen der Einzelgewebe ist so unerklärt, wie die Specifität der Secretionen. Ueber Einflüsse des Nervensystems s. 92.

45. Gefässführende Gewebe.

Die Gewebe zerfallen in 2 Classen, je nachdem sie Blutgefässe besitzen oder nicht. Was erstere betrifft, so bieten deren Capillaren, je nach den Körperstellen, in Zahl, Dicke, Form der Maschenräume u. dgl. vielfache Verschiedenheiten. Das durch die Capillaren fliessende Blut kommt in endosmotische Wechselwirkung zunächst mit den Gewebsäften. Die Kleinheit der Maschenräume und der Reichthum an Capillaren bedingt eine grosse gegenseitige Berührungsfläche und begünstigt dadurch in hohem Grad den Stoffwechsel. Nach einer gewissen Zeit ist das Gewebe, obschon es in Form, chemischer Zusammensetzung und physiologischer Leistung vollkommen gleich geblieben, aus durchaus neuem Material zusammengesetzt; mit einem Worte: der Stoffwechsel besteht in Partialerneuerungen der die Gewebe constituiren-

den Stoffe, von denen jeder einzelne seine besondere, in keinem einzigen Beispiel aber näher gekannte, Stoffwechselgeschwindigkeit hat.

Von einer Erörterung der Einzelgewebe und Organe müssen wir absehen; sie könnte zudem kaum über das hinaus gehen, was die Histologie und Zoochemie über die morphologischen und chemischen Bestandtheile der Gewebe u. s. w. lehren. Bloss auf die Ernährung der Knochen soll kurz eingegangen werden.

46. Stoffwechsel im Knochen.

Das trockene Knochengewebe (abgesehen von den accessorischen Theilen) besteht zu $^1/_3$ aus Knorpel (Hauptbestandtheil: leimgebende Substanz) und $^2/_3$ unorganischen Verbindungen, welche die knorplige Grundlage vollkommen durchdringen, nämlich basisch phosphorsaurer Kalk (3 Ca O, PO_5.) 57% der ganzen Knochenmasse, kohlensaurer Kalk 7, phosphorsaure Magnesia 1—2 und Fluorcalcium gegen 1%. Der Wassergehalt der einzelnen Knochen bietet grosse Unterschiede, im Mittel beträgt er etwa 23% (Friedleben).

Den Stoffwechsel in der Knochensubstanz, wegen deren histologischen Verhältnissen auf die Lehrbücher der Anatomie verwiesen wird, vermitteln die Knochenzellen (Knochenkörperchen) sammt deren Ausläufern; er unterscheidet sich übrigens, wenigstens in allem Wesentlichen, nicht von den Ernährungsvorgängen der übrigen gefässführenden Gewebe.

Knochensubstanz kann regelwidrig in verschiedenen anderweitigen Geweben entstehen; für die normale Bildung und Ernährung der Knochen sind aber zwei Gewebe allein bedeutungsvoll, nämlich 1) Knorpelgewebe. Die meisten Knochen (698) haben Knorpel zu Vorläufern; die Verknöcherung erfolgt zum Theil erst nach der Geburt. Der Knorpel wandelt sich übrigens nicht direkt in Knochensubstanz um, sondern er stellt, indem seine Grundsubstanz erweicht und resorbirt wird, nur die Localität dar, in welcher die Knochenmasse sich entwickelt. 2) Das Periost. Sogar die abgelöste Beinhaut wird, namentlich in jungen Thieren, die Veranlassung zu einer ziemlich raschen Neubildung von Knochensubstanz und zwar ist diess selbst dann der Fall, wenn der Beinhautlappen in andere Körperstellen verpflanzt wird. (Ollier.) Die Chirurgie sucht desshalb bei der Knochenresection durch thunlichste Erhaltung des Periost's günstigere Bedingungen für die Wiedererzeugung des ausgesägten Knochenstückes herzustellen.

Der wachsende Knochen (wir beschränken uns auf die Röhrenknochen) gewinnt an Länge und Dicke. Das Dickenwachsthum geschieht vom Periost aus, welches eine Ausschwitzungsmasse liefert, die in Knochengewebe sich umsetzt. Die Markhöhle dagegen vergrössert sich durch Aufsaugung der diese jeweils begrenzenden Knochenschicht. Duhamel legte einen silbernen Ring um einen Röhrenknochen einer jungen Taube und fand denselben später in der Markhöhle, welche den gleichen Durchmesser erlangt hatte wie der Ring. Das Längswachsthum geschieht vorzüglich da, wo das Mittelstück an die Gelenkstücke anstosst, indem die knorplige Verbindungs-

masse verknöchert (jedoch, s. oben sub 1 nicht direkt), zugleich aber beständig neue Knorpelmasse sich bildet, die wiederum demselben Schicksal entgegengeht. Mit vollständiger Verknöcherung des Gelenkstückes kommt der Vorgang zum Stillstand. Wird in jedes Ende des Mittelstückes eines wachsenden Knochens ein Loch gebohrt, so verändert sich der Abstand beider Punkte beim ferneren Wachsthum nicht wesentlich (J. Hunter). Gleichwohl kann ein interstitielles Knochenwachsthum in die Länge nicht vollständig geläugnet werden.

Der Ansatz in der Längsrichtung erfolgt übrigens nicht gleichmässig an den beiden Enden des Mittelstückes; die Ober- und Vorderarmknochen wachsen nämlich an den dem Ellbogen zugekehrten Gelenkstücken weniger stark und verschmelzen daselbst früher mit dem Mittelstück; das Weiterwachsthum hört also hier früher auf, während die dem Ellbogen entgegengesetzten Enden jener Knochen noch fortwachsen. Die Ober- und Unterschenkelknochen dagegen vergrössern sich mehr an den dem Knie zugewandten Enden. Diese von Ollier aufgefundenen Thatsachen verallgemeint Humphry durch die Norm: lange Knochen wachsen an ihren dünnern Enden weniger stark und verschmelzen daselbst auch früher als am dickern Ende. Andere Knochen dagegen verlängern sich durch Ablagerungen unter den Gelenkknorpel unmittelbar, z. B. Condylus des Unterkiefers, Acromialende des Schlüsselbeines.

Beim ausgewachsenen Knochen findet eine Bildung neuer Lagen nicht mehr statt. Ueber die Grösse des Stoffwechsels fehlen sichere Anhaltspunkte; bei Knochenbrüchen u. s. w. geschieht die Regeneration ziemlich rasch. Selbst bedeutende Substanzverluste können unter Umständen in wenigen Monaten ersetzt sein. Mangel an Kalksalzen in der Nahrung macht namentlich in Vögeln die Knochen dünner (Chossat), wobei nicht etwa bloss die erdigen, sondern alle Bestandtheile gleichmässig resorbirt werden, da nach Alph. Milne-Edwards die procentigen Werthe der Einzelbestandtheile sich nicht verändern.

47. Gefässlose Gewebe mit Integralerneuerung.

Hieher gehören die, freie Flächen überziehenden, Epidermis, Nägel, Haare, Epitelien. Sie erhalten von einem blutgefässeführenden Mutterboden ihr Material und bestehen in der Regel aus mehreren Schichten, nämlich aus jüngeren, dem Mutterboden zunächst liegenden, und aus älteren, oberflächlichen. Das Wachsthum erfolgt aber ununterbrochen, sodass unter der fertigen Schicht immer eine neue Lage in Bildung begriffen ist. Dadurch werden die älteren Schichten immer mehr vom Mutterboden entfernt, um schliesslich allmälig abgestossen oder sonst beseitigt zu werden. Diese Gebilde sind somit keine bleibenden Bestandtheile des Körpers, sondern es rücken beständig neue nach, um in toto, als Zellenindividuen, zu Grunde zu gehen. Der Vorgang besteht demnach bei diesen gefäss- und nervenlosen Geweben in einer beständigen Integralerneuerung. Er zeigt gewisse Analogien mit der Secretion; ob das von dem Mutterboden Ausgeschwitzte flüssig bleibt oder fest wird, ist, wenn es sich um das Wesen des Vorganges handelt, gleichgültig; zudem bietet das dicke Secret der Talgdrüsen der Haut den Uebergang zwischen beiden Vorgängen. Die bereits gebildeten Schichten sind übrigens keine todten Massen,

die bloss fortgeschoben werden; sie verändern sich, wie das Ergrauen der Haare zeigt, in ihren morphologischen, physikalischen und chemischen Charakteren; jedoch werden Lücken, welche man z. B. in die Epidermis oder die Nägel schneidet, nicht ausgefüllt.

Hinsichtlich ihrer Wechselwirkungen mit dem Mutterboden zeigen diese Gewebe grosse Unterschiede. Manche nehmen bloss Blutbestandtheile auf und geben nichts an das Blut zurück, z. B. die dickeren Epidermoidalgebilde (Nägel) und die Haare (jedenfalls in den älteren Schichten derselben). Ganz anders verhalten sich die Epitelien, wo alle physikalischen Bedingungen zu endosmotischen Wechselwirkungen mit der gefässführenden Unterlage gegeben sind; diese Gebilde müssen, ehe sie abgestossen werden und der Integralerneuerung anheimfallen, Partialerneuerungen in rascherem oder trägerem Wechsel erfahren haben.

Epidermoidalgebilde wachsen langsam; eine hinten an der Lunula gemachte Lücke im Nagel braucht 4—5 Monate, um den Nagelrand zu erreichen. Das Haar vergrössert sich anfangs relativ schnell, später aber langsamer; häufiges Abschneiden befördert bekanntlich den Haarwuchs. Nach einer bestimmten Zeit wird das Haar abgestossen und durch ein neues in demselben Haarbalg ersetzt. Die Augenwimpern fallen nach 100—150 Tagen aus (Donders).

Gewisse Schleimhäute und Drüsenkanäle stossen Epitelien in geringem, andere in stärkerem Grad ab; alle aber produciren im sog. katarrhalischen Zustand ungeheure Massen von Epitelzellen. Dann findet eine einfache Abstossung, eine einseitige Integralerneuerung statt, während im Normalzustand der Schleimhaut, wie wir oben vermutheten, neben einer mässigen integralen, eine überwiegende partiale Erneuerung vorhanden ist.

48. Gefässlose Gewebe mit Partialerneuerung.

Hieher gehören der Glaskörper, die Linse und (mit Ausnahme ihrer Peripherie) die Hornhaut des Auges, sowie die Knorpel. Wird die Linse entfernt, so bildet sie sich wieder von der Kapsel aus und zwar der Vorderwand derselben. Bei der fertigen Linse können aber Integralerneuerungen unmöglich stattfinden, d. h. eine beständige Neubildung von Linsensubstanz von der Kapselwand aus und ein Fortrücken des Gebildeten gegen den Linsenkern. Der Stoffwechsel besteht in Partialerneuerungen; die Linsenkapsel gibt Stoffe her und nimmt welche auf aus der Linsensubstanz. Der Kern der Linse ist fester als deren äussere Schichten; letztere enthalten auch diejenigen Gewebsaftbestandtheile, welche zum Kern gehen oder von demselben kommen. Die äusserste Lage, als Durchgangsschicht des gesammten Linsenstoffwechsels, hat die weichste Consistenz.

In kataractösen Linsen wies Jones spectralanalytisch Lithium nach, wenn die Kranken 4 Stunden vor der Extraction der Linse ein Lithionsalz genommen hatten; nicht aber wenn dieses 7 Tage vorher geschah. Diese Erfahrung spricht für eine gewisse Intensität des Stoffwechsels auch dieses Organes. In einzelnen Fällen entstehen Trübungen

der Linse schnell. Die gefässlose Linsenkapsel zieht ihr Material vorzugsweise aus dem Humor aqueus und vitreus; der grosse Gefässreichthum der Iris und der Processus ciliares unterstützt mittelbar auch den Stoffwechsel der Linse. Ausserdem liegt die Annahme nahe, dass die Schwankungen des Druckes, denen die Linse, namentlich beim Nahe- und Fernsehen, ausgesetzt ist, ihre Stoff-Aufnahme und Abgabe unterstützen.

Die Knorpel enthalten Blutgefässe, so lange sie wachsen; ihr Stoffwechsel ist dann verhältnissmässig rasch. Die Knorpel des Erwachsenen haben aber keine (oder höchstens an gewissen Stellen der Peripherie sparsame) Blutgefässe. Sie werden ernährt von dem gefässführenden Perichondrium, die Gelenkknorpel von den anstossenden Knochenlagen aus, während vielleicht eine Nebenwirkung der Synovia in der Vermittelung des Stoffwechsels im Knorpel besteht. Letzterer geschieht sehr träge; wird ein Knorpelstüchen ausgeschnitten, so füllt sich die Lücke langsam aus, jedoch nur mit Bindegewebe. Der so sehr wechselnde Druck, dem die Gelenkknorpel ausgesetzt sind, dürften dem Stoffwechsel derselben ebenfalls förderlich sein.

49. Wiederverheilung und Wiedererzeugung.

Die meisten Körpertheile, wenn sie verletzt werden (durch einfache Schnitte oder durch Wunden mit grösserem Substanzverluste) stellen den Zusammenhang ihrer Structur wieder her. Nach der Verheilung bieten die definitiven Ausfüllungsmassen entweder die normale Structur der betreffenden Theile, oder sie bestehen, bei gewissen Geweben, bloss aus Bindegewebe.

Das Regenerationsvermögen ist am grössten in jungen Organismen, in sehr alten ist es wenig entwickelt oder fehlt vollständig. In den höheren Thierklassen tritt es bedeutend zurück gegenüber den niederen. Man unterscheidet zwei Hauptformen:

1) Wiedererzeugung eines verlorenen Theiles. Die Krystalllinse kann nach ihrer Entfernung (durch die Staaroperation) von der Linsenkapselwand vollständig wieder ersetzt werden. Sehr gross ist und zwar in allen Wirbelthierklassen das Regenerationsvermögen gewisser Knochen und Drüsenausführungsgänge. Wird das Gelenkstück sammt einem Theil des Mittelstücks eines wachsenden Säugthierknochens abgetragen, so erzeugen sie sich wieder, ohne jedoch die Länge des normalen Knochens zu erreichen (Ollier). Wird z. B. im Hund nach Anlegung einer Gallenblasenfistel der Gallengang einfach unterbunden, so regenerirt er sich und zwar oft überraschend schnell; dasselbe kann sogar erfolgen, wenn ein Stück des Ganges ausgeschnitten wurde. Junge Tritonen und Eidechsen ersetzen sogar die abgeschnittene Extremität, oder den abgetrennten Schwanz; manche Fische die verlorene Flosse, namentlich die Schwanzflosse. Ausnahmsweise können in demselben Individuen derartige Verluste zweimal wiederersetzt werden. Der Krebs regenirt die abgeschnittene Extremität oder Scheere; die Schnecke sogar einen Theil des Kopfs sammt den Fühlhörnern, wenn nur der sog. Schlundring geschont worden ist.

2) Bildung überzähliger Theile in Folge von Verlezung.

Das blosse Anschneiden des Schwanzes einer jungen Eidechse z. B. kann Anlass geben zur Bildung eines accesorischen Schwanzes.

50. Ueberpflanzungsfähigkeit.

Die Gewebeelemente besitzen ein individuelles Leben, das bis zu einem gewissen Grad unabhängig ist vom Ganzen. Entfernt man Organtheile aus ihrem natürlichen Zusammenhang, so verlieren sie nicht sogleich ihre charakteristischen vitalen Eigenschaften. Dabei sind folgende Fälle zu unterscheiden:

1) Wiedereinheilung eines abgetrennten Theiles z. B. der abgehauenen Nase, des Ohres an seinen früheren Ort. In Ausnahmsfällen gelang dieses sogar noch einige Stunden nach erfolgtem Verlust.

2) Einheilung des abgetrennten Theiles in einer andern Körperstelle desselben Individuums. Hieher gehört die Ueberpflanzung von Perioststücken, die künstliche Nasenbildung z. B. aus der Stirnhaut. Bert enthäutete die Schwanzspitze in jungen Ratten, heilte sie in die Rückenhaut ein und durchschnitt später die Wurzel des Schwanzes. Der transplantirte Schwanz auf dem Rücken der Thiere hatte Sensibilität und reichliche Blutgefässverbindungen.

Die meisten Gewebe, z. B. Nerven, Muskel, Krystalllinse entarten vollständig, wenn sie auf andere Körperstellen verpflanzt werden.

3) Der getrennte Theil wird auf ein fremdes Individuum transplantirt. Bert brachte abgehäutete, über 2 Centim. lange Schwanzenden, oder abgehäutete Füsse von Ratten unter die Haut anderer Ratten und fand, dass die Knochen, unter Herstellung von Gefässverbindungen sogar beträchtlich weiter wuchsen. Es gelang ihm sogar die Ueberpflanzung von Rattenschwänzen, die seit 3 Tagen abgetrennt waren; niemals aber gelingen solche Ueberpflanzungen auf Individuen anderer Gattung. Bloss das Blut — das einfachste Gewebe — lässt sich in fremde Species überpflanzen (s. Transfusion, 44), doch gehen die Blutkörperchen des Vogels im Blut des Säugers und umgekehrt schnell zu Grunde; als regelmässige Folge derartiger Transfusionen gibt Mittler den Austritt von Blutfarbstoff in den Urin und viele Gewebe an.

IV. Allgemeine Nerven- und Muskelphysiologie.

A. Allgemeine Eigenschaften des Nervensystems.

51. Leistungen.

Der thierische Organismus unterscheidet sich (wenn wir die niederste Thierwelt unberücksichtigt lassen) von den Pflanzen durch das Vorhandensein des Nerven- und Muskelsystems. Im Zusammenhang damit steht eine Anzahl eigen-

thümlicher, höchst mannigfaltige Leistungen vermittelnder Verrichtungen, namentlich die seelischen Thätigkeiten, die Muskelbewegungen und die Wahrnehmung sowohl der Dinge der Aussenwelt, als auch eigener Körperzustände.

Grundbedingungen der Nervenleistungen sind: 1) ein Einfluss, welcher fähig ist, den Nerven zu verändern (Nervenreiz); 2) Erregbarkeit und Leitungsvermögen des Nerven: der Reiz verändert den Nerven zunächst an seiner Einwirkungsstelle, die Veränderung pflanzt sich aber fort innerhalb der Nervenmasse. 3) Bestimmung des vom Nerven abhängigen Apparates, z. B. des Muskels.

Der Nerv ist vor allen Apparaten des Körpers ausgezeichnet durch seine ausserordentliche Labilität, denn 1) wechselt seine Erregbarkeit schnell und stark; 2) kleine Anstösse lösen relativ grosse Wirkungen aus, offenbar darum, weil Kräfte, die während des sog. Ruhezustandes gebunden waren, durch die Reizung der Nerven frei werden, so dass also der Nervenreiz keineswegs gegen ruhende Massen anstosst, deren Trägheit erst zu überwinden wäre; 3) geringe Aenderungen des materiellen Substrates sind vom grössten Einfluss auf dessen Leistungen.

Die Nerventhätigkeiten werden erforscht 1) an den, oft leicht erkennbaren Wirkungen auf diejenigen Organe, z. B. Muskeln, mit denen die Nerven verbunden sind. Oder 2) man ermittelt direkt die Eigenschaften der Nerven und deren Abänderungen, wenn die Nerven in Thätigkeit kommen.

Die Wirkungen, welche die Nerven nach aussen übertragen, können zunächst benützt werden zur Feststellung wenigstens einiger Grundvorgänge und Eigenschaften des Nervensystems; ob z. B. ein motorischer Nerv in Thätigkeit sei, ja gewisse Eigenschaften dieser Thätigkeit, das erkennen wir an der leicht wahrnehmbaren Verkürzung der zugehörigen Muskeln, während die zweite Methode, z. B. die blosse Constatirung der Thätigkeit eines motorischen Nerven an sich, umständlichere Hülfsmittel voraussetzt. Die engere Aufgabe der Nervenphysiologie, die Erforschung der im Nerven selbst ablaufenden Vorgänge (z. B. der elektrischen Ströme, Abschnitt V.) ist erst in neuerer Zeit in Angriff genommen; ihre Ergebnisse sind aber dem Anfänger verständlicher, wenn er zuvor die äusseren Leistungen der Nerven kennen gelernt hat. Die Wissenschaft selbst hat denselben Entwicklungsgang genommen.

52. Anatomische Grundlagen.

Das Nervensystem der Wirbelthiere zerfällt anatomisch und functionell in die Centren: Hirn und Rückenmark und die von jenen ausstrahlenden Nerven. Die letzteren verästeln sich gegen ihre Peripherie hin immer mehr und senken sich ein in die Gewebe und Organe des Körpers, so dass ein Nerv ausschliesslich, oder in Gemeinschaft mit anderen, einen gewissen Bezirk beherrscht und denselben in Zusammenhang bringt mit den Nervencentren. Gegenüber der unendlichen Mannigfaltigkeit der physiologischen Leistungen des Nervensystems fällt die verhältnissmässige Einfachheit seiner mikroskopischen Formbestandtheile auf. Abgesehen von accessorischen Elementen (Blutgefässen, Bindegewebe) unterscheidet man als wesentliche Elemente, d. h. Träger der specifischen Functionen des Nervensystems: die Nervenfaser und das Nervenkörperchen, wegen deren Structurverhältnissen auf die Lehrbücher der Histologie verwiesen wird. Vielleicht gehört hieher auch das namentlich in der grauen Substanz der Cen-

tralgebilde vorhandene, fein granulirte oder reticuläre Protoplasma, in welches die Nervenkörperchen eingebettet sind.

Die Fasern dienen im Nerven selbst, sowie in den Centralorganen als Leitungsapparate. Die Nervenkörperchen (besonders in der grauen Substanz der Centren, in den Ganglien der Rückenmarks- und Hirnnerven, im Sympathicus) schicken eine Anzahl Fortsätze aus, von denen einer als Anfang einer peripheren Nervenfaser resp. als Ende einer centralwärts herkommenden Nervenfaser zu betrachten ist, während die übrigen als feinste »Protoplasmafortsätze« zunächst in das Protoplasma übergehen, in welches die Nervenkörperchen und Nervenfasern eingebettet sind, wo sie mit analogen Protoplasmafortsätzen anderer Nervenkörperchen in Contact und functionelle Wechselwirkung kommen. Beide Arten von Ausläufern: die eigentlichen Nervenfasern wie die Protoplasmafortsätze dürften demnach zur Leitung dienen. Das Nervenkörperchen wird desshalb als eine Art elementarer Centralapparat angesehen, indem es die relativ einfachen und isolirten Thätigkeiten der zugehörigen Ausläufer zur Einheit, zu einer physiologischen Gesammtleistung vereinigt.

An der Nervenfaser unterscheidet man 1) die Scheide 2) die fetthaltige Markschicht und 3) den centralen, scheinbar homogenen, sog. Axencylinder, der nach M. Schultze aus zahlreichen Längsfibrillen besteht. Die feinen Protoplasmafortsätze der Nervenkörperchen betrachtet Schultze als Fortsetzungen der Längsfibrillen des Axencylinders der in das Nervenkörperchen eintretenden Nervenfaser.

53. Nervenreize.

Als solche erweisen sich wirksam, ausser dem seiner Natur nach vollkommen unbekannten Willensreize, mechanische Einwirkungen (Druck, Zerren), eine grosse Anzahl chemischer Verbindungen; Temperatureinflüsse (Entziehung oder Zufuhr von Wärme), Elektricität, Licht, Schall u. s. w.

Die Nerven sind gewöhnlich nur Reizen von gewisser Art ausgesetzt. Diese sog. homologen Reize treffen die Nerven nur an beschränkten Stellen, d. h. entweder an ihrer Peripherie, oder (die Willensreize) an ihren Ursprüngen. Nebenvorrichtungen erleichtern die Aufnahme und richtige Zuleitung der Reize wesentlich, z. B. eine Schicht der Retina (die sog. Stäbchen) vermittelt die Aufnahme der Lichteindrücke, die Corti'schen Appendicalorgane des Schneckennerven die Aufnahme der Schallwellen u. s. w.

Alle sonstigen Reize, welche, ausser den homologen, einen Nerven in Thätigkeit versetzen können, heissen heterologe; so sind z. B. Druck, Elektricität u. s. w. heterologe Reize der Netzhaut des Auges. Die Wirkungen derselben sind übrigens ähnlich denen der homologen; Druck auf die Netzhaut verursacht ebenfalls Lichtempfindungen, mässiger Druck auf einen motorischen Nerven ebenfalls Muskelverkürzungen u. s. w.

Endlich gibt es Agentien, welche auf bestimmte Nerven nicht wirken, z. B. Licht auf die Tastnerven. Der einzige allgemeine Reiz scheint die Elektricität zu sein.

54. Leitung im Nerven.

Wird ein Nerv gereizt an einer beschränkten Stelle, so treten augenblicklich Wirkungen auf an einem entfernten Ort und zwar nach Reizung motorischer Nerven Muskelzuckungen, nach Reizung sensibler Nerven Empfindungen. Im ersten Fall ist der Erfolg der Reizung an der Peripherie, im zweiten an den Centralapparaten wahrnehmbar, wesshalb man früher von centrifugal- und centripetalleitenden Nerven sprach, eine Unterscheidung, die nur auf die nach aussen übertragenen Leistungen sich bezieht. Die Nervenerregung wird von der Stelle der Reizung auf- und abwärts fortgepflanzt, sie kann aber selbstverständlich Wirkungen nach aussen nur da übertragen, wo eben Apparate vorhanden sind, die von den erregten Nerven aus bestimmt werden können (s. 61).

Eine nothwendige Bedingung für die Leitung ist der Zusammenhang der Nervenfasern; wird ein Froschnerv auch nur mit einem geringen Gewicht beschwert, so ist seine Leitungsfähigkeit sogleich gemindert; starker Druck, oder sonstige örtliche Ertödtung des Nerven, sowie Durchschneidung desselben, heben die Leitung vollständig auf.

Die Erregung verbleibt innerhalb der gereizten Nervenfaser und geht nicht über auf die benachbarten Fasern. Wird ein Nerv halb durchschnitten, so hemmt die Schnittstelle die Fortleitung innerhalb der verletzten Fasern und die unversehrt gebliebenen sind nicht im Stande, ihre Erregung auf die durchschnittenen zu übertragen. Demnach kann, wenn von zwei Nerven eines Organes einer durchschnitten wird, der unverletzte für den durchschnittenen nicht vicariiren.

55. Verlauf und Endigung der Nervenfasern.

Dickere Nerven schliessen bei ihrem Austritt aus dem Hirn oder Rückenmark viele tausende von Nervenfasern in sich ein. Die Fasern verlaufen isolirt, also selbstständig, neben einander; Anastomosen der Fasern finden nicht statt, wohl aber gehen die Nerven unter sich vielfache Verbindungen ein, d. h. sie tauschen Fasern aus. Man unterscheidet: 1) Anastomose: ein Nerv gibt Fasern ab an einen andern, 2) Decussation: zwei Nerven tauschen einen Theil ihrer Fasern aus und 3) Plexusbildung: mehrere Nerven treten zusammen zu einem Geflecht; dieses gibt zahlreiche Zweige ab; jeder Zweig enthält Fasern von jedem Nerven. Diese Einrichtungen ermöglichen, dass ein Körpertheil Nervenfasern verschiedener Ursprünge auf die einfachste Weise erhalten kann.

Die periphere Endigungsweise der Nervenfasern ist nur theilweis bekannt und die Nervenphysiologie kann von den betreffenden, in neuerer Zeit zudem ausserordentlich wechselnden morphologischen Lehrsätzen mit Aussicht auf wesentlichen Gewinn ihrer Anschauungen nur ausnahmsweis eine vorsichtige Anwen-

dung machen. Während man früher freie, isolirte, plötzliche Endigungen der Nervenfasern oder terminale Schlingenbildungen mit einem aufsteigenden und einem absteigenden Schenkel annahm und nur dadurch die Thatsache erklären zu können glaubte, dass eine bestimmte Körperstelle in Rapport mit einer bestimmten Stelle der Nervencentren gesetzt werden könne, führten genauere Beobachtungen immer mehr zur Ueberzeugung, dass ein inniger Zusammenhang besteht zwischen den Endausbreitungen der Nervenfasern und den Gewebselementen, auf die sie wirken oder von denen sie Eindrücke empfangen und fortleiten.

I) Die Fasern der Sinnesnerven enden in specifische Endorgane; hieher gehören namentlich die Stäbchen und Zapfen der Retina; die Corti'chen Organe des Schneckennerven; die sog. Tastkörperchen der Cutis (Meissner) und die den letztern verwandten kolbigen Körperchen W. Krause's an den Endigungen der einfach sensibelen Nervenfasern u. s. w. Diese Endigungen vermitteln die Zuführung und Uebertragung des objectiven Sinnesreizes auf die eigentliche Sinnennervenfaser.

II) So sehr auch die Ansichten über die letzten Endigungen der Muskelnervenfasern unter sich abweichen, so stimmen sie doch darin überein, dass die motorische Faser sich schliesslich in eine Anzahl Aeste spaltet, die noch markhaltig sind. Die Aeste selbst theilen sich in marklose Zweige, die wohl als Fortsetzungen des Axencylinders, umgeben von einer feinsten Scheide zu betrachten sind. Ob diese feinsten Zweige eindringen in die Muskelfaser, oder bloss äusserlich auf letzterer liegen, ist noch strittig; doch scheint das Erstere wahrscheinlicher; d. h. die Nervenfaser durchbohrt das Sarcolemma der Muskelfaser, während ihre Scheide in letzteres übergeht und endet in einem feinkörnigen und kernhaltigen Terminalorgan, der sog. Endplatte, die zwischen dem Sarcolemma und der Muskelfaser liegt.

Nach Reichert versorgen nur 6—7 Nervenprimitivfasern den aus etwa 160 Muskelfasern bestehenden Brusthautmuskel des Frosches. An diesen Nervenprimitivfasern konnten über 300 Theilungen nachgewiesen werden.

III) Was die Drüsennerven betrifft, so glaubte Pflüger in der Submaxillardrüse, dem Pancreas u. s. w. die Endigungen der Nervenfasern in den Epitelzellen der Drüsencanäle nachweisen zu können. S. Mayer stellt ein solches Verhalten entschieden in Abrede.

56. Beziehungen zwischen Reiz und Nervenleistung.

Der Reiz, eine (wenn wir absehen von dem unbekannten Willenseinfluss auf motorische Nerven) physikalische Bewegung, wird umgesetzt in einen Nervenprozess, welcher seinerseits eine, ihm selbst fremde, Leistung nach sich zieht, den eigentlichen, im Organisationsplan liegenden physiologischen Nutzeffect des durch den Reiz bewirkten Nervenprozesses. Diese drei Vorgänge stellen eine Kette von Ursachen und Wirkungen dar, ohne dass

aber die einzelnen Glieder, objectiv genommen, mit einander vergleichbar wären; z. B. Willensreiz — Erregung motorischer Nerven — Muskelverkürzung, oder: Lichtwellen — Erregung der Netzhaut — Lichtempfindung. Trotz dieser objectiven Unvergleichbarkeit besteht aber eine gesetzmässige Proportionalität, d. h. jede Aenderung des Nervenreizes bedingt eine constante Aenderung des Nervenprozesses und der äusseren Nervenleistung.

Das objective Licht z. B. hört in der Substanz des Sehnerven auf, Licht zu sein, es tritt etwas ganz anderes, ein Nervenprozess, an dessen Stelle. Dieser selbst bietet an sich keinen Vergleichspunkt mit der Empfindung des Lichten und Farbigen, d. h. mit dem Seelenact, der in Folge der Reizung des Sehnerven entsteht. Von diesen 3 Gliedern ist allemal das mittlere, der Nervenprozess, am wenigsten gekannt; man weiss so gut wie nichts Unterscheidendes über die Vorgänge, welche durch Farben, Töne, den Willen u. s. w. in dem Sehnerven, Hörnerven, oder einem motorischen Nerven erregt werden. Die meisten speciellen Sinnesreize sind dagegen von der Physik vielfach erforscht, sowie die concreten Empfindungsqualitäten selbst, mit ihrem reichen Inhalt, unserer unmittelbaren subjectiven Beobachtung offen stehen.

57. Leistungen desselben Nerven.

Die Wirkungen, welche der thätige Nerv nach aussen überträgt, sind veränderlich: 1) mit der Stärke und Beschaffenheit des den Nerven treffenden Reizes; 2) mit der Erregbarkeit des Nerven selbst und 3) dem Zustande des die Leistung zunächst vollführenden Apparates, z. B. der Muskelfasern.

Die Erregbarkeit eines Nerven schwankt innerhalb einer bedeutenden Breite, so dass in verschiedenen Individuen oder bei demselben Individuum in verschiedenen Zeiten der nämliche Reiz stärker oder schwächer wirkt. Von besonderem Interesse ist der Ermüdungszustand der Nerven, der das Eigenthümliche bietet, dass bei zunehmenden Ermüdungsgraden die Stärke des Reizes wachsen muss, wenn anders die Leistung ihren früheren Intensitätswerth beibehalten soll. In der Erschöpfung der Nerven ziehen sogar intensive Reize nur schwache oder selbst gar keine Erfolge nach sich. Das gewöhnliche Verhältniss zwischen Stärke des Reizes und Stärke der Wirkung des leistungserzeugenden Nervenprozesses wird demnach mit zunehmenden Ermüdungsgraden bedeutend verändert. Lässt man den ermüdeten Nerven ungereizt, so stellt sich die normale Erregbarkeit allmälig wieder ein. Zu lange Ruhe ist der Erregbarkeit des Nerven ebenfalls schädlich. Ein gewisser Wechsel zwischen Ruhe und Erregung sichert den Normalgrad der Erregbarkeit auf die Dauer am besten. Im Nerventod ist die Erregbarkeit unwiederbringlich verloren; er tritt im Warmblüter viel schneller ein, als in dem, mit trägerem Stoffwechsel begabten, Kaltblüter.

Die Erregbarkeit steht im nächsten Zusammenhang mit dem jeweiligen Ernährungszustand des Nerven. Jede Erregung bedingt Stoffverbrauch im Nerven; ist aber der Verbrauch grösser als der Wiederersatz, so nimmt die Leistungsfähigkeit ab, d. h. der Nerv verfällt in den entsprechenden Ermüdungsgrad. Die gehörige Ruhe des Nerven führt zur Wiedergewinnung des früheren Ernährungszustandes. Ruhe und Erregung können aber nach Zeit und Intensität auf das Mannigfaltigste mit einander abwechseln.

Die Leistungsqualitäten des Nerven unterliegen analogen Normen wie die Leistungsgrössen. Die Nervenfaser ermüdet bei der Einwirkung desselben qualitativen Reizes, so zwar, dass die Leistung selbst eine qualitativ andere werden kann; z. B. beim Betrachten einer bestimmten Farbe werden wir vorübergehend abgestumpft gegen dieselbe. Der in solcher Weise einseitig ermüdete Nerv ist aber noch empfänglich für Reize anderer Qualität, z. B. für einen, den Nerven vom Centrum gegen seine Peripherie durchziehenden, elektrischen Strom, wenn er vorher durch einen Strom entgegengesetzter Richtung »ermüdet« war.

58. Specifität der Nervenleistungen.

Ein und derselbe Nerv kann durch die verschiedenartigsten, homologen oder heterologen (53) Reize in Thätigkeit versetzt werden; die nach aussen übertragenen Wirkungen aber dieser Thätigkeit sind immer dieselben, d. h. der gereizte motorische Nerv vermittelt nur Muskelverkürzung, die Netzhaut unter allen Umständen Lichtempfindungen. Demnach setzt derselbe Reiz in verschiedenen Nerven ganz verschiedene äussere Wirkungen; der elektrische Strom veranlasst Muskelverkürzung wenn er einen motorischen Nerven, Geschmacksempfindungen wenn er den Geschmacksnerven, Lichtempfindungen wenn er den Sehnerven trifft u. s. w. Diese Thatsachen haben verschiedene theoretische Deutungen erfahren: Entweder schreibt man jeder Klasse von Nerven specifische Thätigkeiten zu, d. h. die verschiedensten Reize sollen in demselben Nerven immer nur Vorgänge derselben Natur auslösen, Zustände, in welche zudem andere Nerven nicht versetzt werden können. Oder man nimmt im Gegentheil an, die Prozesse seien dieselben in allen Nerven, die Wirkungen aber nur darum verschieden, weil jede Klasse von Nerven ihre Erregungen auf eigenartige Organe übertrage.

Die letztgenannte Ansicht stützt sich vornehmlich darauf, dass die Nervenfasern in den verschiedenen Nerven keine durchgreifenden chemischen, histologischen und elektromotorischen Unterschiede bieten, wogegen erwidert wird, unsere Hülfsmittel seien zu solchen Nachweisen weder fein noch zahlreich genug. Eine positive Erfahrung, welche für die letztgenannte Ansicht spricht, s. 61.

59. Stoffwechsel im Nervensystem.

Die Nervenscheide enthält einen der elastischen Substanz verwandten Körper; der Axencylinder besteht vorzugsweis aus, noch nicht näher charakterisirten Eiweisskörpern. Das Nervenmark enthält neben neutralen Fetten (Olein, Palmitin) und Antheilen von Lipoiden (Cholesterin), verschiedene N-haltige Verbindungen: Cholin (eine auch in der Galle, wahrscheinlich aber nicht präformirt vorkommende, von Strecker entdeckte Base), Neurin und das phosphorhaltige auch im Eidotter vorkommende Lecithin. Der durchschnittliche Wassergehalt der Nervensubstanz beträgt etwa 75 %; unter den unorganischen Verbindungen (1,8 %) prävaliren die phosphorsauren Salze.

Die graue Substanz der Nervencentren ist viel reicher an Capillargefässen als die weisse, die Nervenkörperchen dürften desshalb einem stärkeren Stoffwechsel unterliegen, eine Vermuthung, die aus denselben Gründen auch für die in die Gewebe eingesenkten Nervenendigungen gelten kann. Nach Hemmung der arteriellen Blutzufuhr wird die Nerventhätigkeit schwer beeinträchtigt und erlischt sogar, in manchen ihrer Aeusserungen, fast sogleich.

Auspräparirte Nerven, die man in einen abgeschlossenen Luftraum bringt, scheiden Kohlensäure aus und nehmen Sauerstoff auf und zwar selbst noch im leistungsunfähigen Zustand (Valentin). In O-gas bewahrt der Nerv seine Reizbarkeit länger als in atmosphärischer Luft, wogegen er sie schnell verliert in C̈-gas.

Nach Unterbindung der Bauchaorta dicht unterhalb der Abgabe der Nierenarterien hört in Säugethieren fast sogleich die willkürliche Bewegung und hierauf die Empfindung in den hinteren Gliedmaassen auf (Stenson, Swammerdam); Galvanisiren der Nervenstämme wird meist schon nach ½ Stunde wirkungslos auf die Muskeln; die letzteren aber bleiben bei direkter Reizung noch 4—5 Stunden lang erregbar. Entfernt man die Ligatur um die Aorta, so stellen sich willkürliche Bewegung und Empfindung wieder ein. Demnach ist beständige Blutzufuhr eine unerlässliche Bedingung zur Erhaltung der Nervenreizbarkeit. Nach Arterienunterbindungen im Menschen tritt, bevor der Collateralblutlauf gehörig hergestellt ist, bedeutende Abnahme der Empfindlichkeit und Beweglichkeit nicht selten ein.

Nach Unterbindung der Abdominalaorta unmittelbar über ihrer Theilung treten die geschilderten Wirkungen viel später ein. Da hier die Hinterextremitäten (nahezu) dieselben Störungen des Blutlaufes erfahren, wie bei der Aortaunterbindung hoch oben, so vermuthet Schiffer, dass die schnellen Wirkungen im letzteren Fall von der Störung des Stoffwechsels nicht etwa der peripheren Bezirke der Nerven, sondern der Nervenwurzeln und des unteren Rückenmarkes abzuleiten seien; die Ligatur hoch oben hemmt nämlich die durch die Spinaläste der Lumbalarterien besorgte wichtigste Blutzufuhr zum unteren Rückenmark und den entsprechenden Rückenmarksnervenwurzeln.

60. Nervendurchschneidung.

Unmittelbar nach derselben ist die Lösung vollständig aufgehoben. Nach einer gewissen Zeit (im Säugethier schon nach 2—5 Wochen) stellen sich Zeichen wiederkehrender Leitungsfähigkeit und zwar zuerst der Empfindung, später der willkürlichen Bewegung, ein; selbst der Normalzustand kann allmälig wieder erreicht werden. In anderen Fällen dauert die Lähmung fort. Die Heilung mag eintreten oder nicht, immer entarten, als nächste Folge der Nerventrennung, wie Nasse zeigte, die Nervenfasern und zwar nach Waller in ihrem ganzen Verlauf abwärts der Schnittstelle. Die erste Veränderung besteht nach Valentin darin, dass das Nervenmark bei Zusatz von Wasser u. s. w. früher gerinnt als die normale Nervenfaser; sodann zeigt das Mark Einkerbungen und spaltet sich der Quere nach in zahlreiche kleine, krümelige Stücke; diese bilden sich zu Aggregaten feinster Fettkörnchen um, welche später der Aufsaugung anheimfallen. Diese Veränderungen betreffen vorzugsweise das Nervenmark. Der Axencylinder, der überhaupt zu den widerstandsfähigeren Gewebtheilen des

Körpers gehört, entartet viel langsamer; er ist noch nach Monaten durch Collodiumzusatz sichtbar, jedoch in seinem Verlauf ungleich breit, selbst hie und da unterbrochen (Landois). Bidder vermisste dagegen 60 Tage nach Durchschneidung des Eingeweideastes des Vagus im Frosch jede Spur des Axencylinders. Die Faserscheide, nach Schiff auch die marklosen Endtheilungen der Nervenfasern, erleiden keine sichtbare Entartung.

Die Entartung nach der Nervendurchschneidung erfolgt langsam bei trägerem Stoffwechsel (Frösche, oder Säugethiere im Winterschlaf); in Warmblütern dagegen beginnt sie schon am vierten Tag. Die Entartung ist nicht zu verwechseln mit den bald nach dem Tode eintretenden Veränderungen der Nervenfaser, sie stellt im Gegentheil, während die Blutzufuhr zum Nerven ungestört bleibt, eine besondere pathologische Form des Stoffwechsels der Nervenfaser dar, wobei gewisse Bedingungen der regelmässigen Nervenernährung aufgehoben sind. Das oberhalb der Schnittstelle gelegene Nervenstück entartet nicht, nach Waller, sodass die Vorstellung eines irgendwie sich geltend machenden Einflusses der Centraltheile (Nervenkörperchen?) auf die Ernährung der von ihnen ausstrahlenden Nervenfasern Manches für sich hat (s. dagegen 61. Anmerk.).

61. Regeneration durchschnittener Nervenfasern.

Die wiederkehrende Leitungsfähigkeit nach Nervendurchschneidungen spricht für schnelle Wiedererzeugung der Nervenfasern im Säugethier. Mannigfache chirurgische Erfahrungen bestätigen das auch für den Menschen. Einfache Schnittwunden der Nerven heilen am schnellsten; aber selbst ausgeschnittene Stücke über 2 Zoll Länge können nach Schiff im Hund nach einigen Monaten wieder ersetzt werden. Ueberschreitet aber der Substanzverlust eine gewisse Grösse, so erfolgt die Verbindung nur mittelst bindegewebiger Stränge. Nach vorigem § kann die Regeneration in keiner einfachen Verbindung der Schnittenden bestehen, sondern es handelt sich, da die Nervenfasern unterhalb der Schnittstelle in ihrem ganzen Verlauf marklos geworden sind, mindestens um den Ersatz des Markinhaltes.

Nach Philipeaux und Vulpian entstehen übrigens auch nach Ausschneidung eines grösseren Nervenstückes, also ohne Verheilung der Nerven, theilweis wieder Nervenfasern im peripheren Stück; das periphere Hypoglossusstück z. B. veranlasst alsdann, nach Reizung, Bewegung der entsprechenden Zungenhälfte. Selbst in ausgeschnittenen und in andere Körpertheile überpflanzten vollständig entarteten Nervenstücken soll nach Vulpian eine theilweise Neubildung schmaler Nervenfasern erfolgen können. Demnach wäre der nutritive Einfluss der Nervencentren kein absoluter.

62. Zusammenheilen der Fasern verschiedener Nerven.

I. Zusammenheilen gemischter Nerven. Flourens durchschnitt im Huhn die beiden Hauptnerven, welche aus dem Armgeflecht an die obere und untere Flügelfläche gehen und heftete den centralen Stumpf von *a* an den peripheren von *b* und umgekehrt. Nach einigen Monaten hatte das Thier den vollkommenen Gebrauch des Flügels wieder erlangt.

Da die anatomische Untersuchung eine gekreuzte Verheilung wirklich ergab, so folgt: die Leitung zwischen den Nervenfasern des peripheren Stumpfes von *b* und den Nervencentren wurde durch die unversehrt gebliebenen Fasern des centralen Stumpfes von *a*, also von einer neuen Bahn besorgt und umgekehrt. Die Ursprünge beider Nerven *a* und *b* liegen übrigens nahe beisammen im Rückenmark.

II. Ueber das Zusammenheilen functionell verschiedener und von verschiedenen Centren entspringender Nerverfasern stellten Bidder mit negativem, Philipeaux und Vulpian mit positivem Erfolg Versuche an. Man durchschneidet im Hunde den motorischen N. hypoglossus und den sensiblen R. lingualis Trigemini da, wo dieselben über dem M. mylohyoideus neben einander liegen, so zwar dass α) entweder der centrale Lingualisstumpf mit dem peripheren Hypoglossusstumpf durch eine feine Naht vereint wurde oder β) der centrale Hypoglossus mit dem peripheren Lingualis, wobei jedesmal die zwei andern Stümpfe möglichst weit ausgeschnitten wurden, um die Vereinigung zu verhindern. Die Erfolge können sein a) bleibende Lähmung; b) Wiederherstellung der Functionirungen in der betreffenden Zungenhälfte, indem die Nervenstümpfe ihre ursprünglichen Verbindungen wieder aufsuchen; die Verheilung functionell verschiedener Fasern tritt also in diesem Fall nicht ein. c) Der centrale Lingualis verbindet sich wirklich mit dem peripheren Hypoglossus, während zugleich die Vereinigung der zwei anderen Stümpfe ausbleibt. Nach der Verheilung bewirkt (mechanische) Reizung sowohl des Hypoglossus- als des Lingualistheils Schmerzen, sowie Zuckungen in der betreffenden Zungenhälfte; die Erregung pflanzt sich also im Nerven nach dem Centrum und nach der Peripherie weiter. Dagegen bewirkt Reizung des Hypoglossustheiles Bewegung der entsprechenden Zungenhälfte, nicht aber Schmerzen. Dass die Zungenhälfte dem Willen des Thieres entzogen bleibt, versteht sich von selbst, da das Hypoglossuscentrum nicht durch das Lingualiscentrum functionell ersetzt werden kann. Auch zwischen Hypoglossus und Vagus erzielten Vulpian und Philipeaux Vereinigung.

Diese Erfahrungen beweisen 1) dass die Erregungen eines sensibelen Nerven nach auf- und abwärts fortgeleitet werden und machen es 2) wahrscheinlich, dass die motorischen und sensibelen Fasern, wenigstens im Verlauf der Nerven selbst, keine wesentlichen Unterschiede bieten und einfach als Conductoren der Erregungen wirken.

63. Rückenmarksnerven.

Die Nerven zerfallen in Rückenmarksnerven, Hirnnerven und das sympathische System. Die ersteren (31 Paare) sind gemischter Natur, ihre sensibelen Fasern verbreiten sich in die Haut des Hinterkopfes, Halses, Stammes und der Gliedmaassen; die motorischen versorgen die meisten Skeletmuskeln des Halses, alle Muskeln des Stammes und der Gliedmaassen, sowie die Muskelschicht vieler Blutgefässe. Die sensibelen Nervenfasern haben ein viel grösseres Verbreitungsgebiet als die motorischen; sie versorgen 1) die mit Tastsinn begabten Flächen, s. 301; 2) die Muskeln, den Sitz sehr zahlreicher Empfindungen (über die Muskelgemeingefühle im gesunden und kranken Leben s. 453 u. f.); 3) die meisten übrigen Körperorgane; wenn dieselben normaliter auch keine oder nur sehr

undeutliche Empfindungen (Gemeingefühle) uns verschaffen, so können sie doch krankhafter Weise heftige Schmerzen veranlassen (447).

Jeder Rückenmarksnerv entspringt mit 2 Wurzeln. Die hintere Wurzel ist sensibel und besitzt in einiger Entfernung vom Rückenmark ein Ganglion; die vordere, ganglienlose, ist motorisch, im Querschnitt dünner und mit gröberen Nervenfasern versehen. Die absolute Zahl der Nervenfasern ist somit in den Hinterwurzeln viel grösser (Kölliker). Jenseits des Ganglion vereinigen sich beide Wurzeln zu einem gemeinsamen Stamm und bilden einen gemischten Nerven. Nach dem Austritt aus seinem Foramen intervertebrale spaltet sich jeder Nerv in einen hinteren Ast (zu den Muskeln und der Haut der Nachbarschaft) und den stärkeren vorderen Ast (zu den Muskeln und der Haut des seitlichen und vorderen Rumpfes). Ausserdem entlassen zwei bestimmte Regionen des Rückenmarkes gemischte Nerven in die Gliedmaassen, die in den Bahnen der Plexus brachialis, lumbalis und sacralis verlaufen.

64. Bell'sches Gesetz.

Bell hat 1811 nachgewiesen, dass die zwei Systeme von Rückenmarksnervenwurzeln verschiedenen Functionen dienen, eine Entdeckung, die von Magendie und J. Müller durch weitere Controlversuche endgültig festgestellt wurde.

Beweise für die motorischen Verrichtungen der Vorderwurzeln: 1) Reizung derselben (am besten mechanische) setzt Zuckungen bestimmter Muskeln, aber keine Schmerzen (s. übrigens die nächste Anmerkung). 2) Nach ihrer Durchschneidung tritt nirgends Empfindungslosigkeit ein, dagegen sind die betreffenden Muskeln dem Willenseinfluss entzogen, während 3) Reizung der Wurzel unterhalb der Schnittstelle Muskelzuckungen auslöst.

Beweise für die sensible Natur der Hinterwurzeln: 1) Reizung derselben verursacht lebhafte Schmerzen, 2) nach ihrer Durchschneidung sind die Muskeln dem Willen noch unterthan, die betreffenden Hautstellen dagegen empfindungslos geworden, während 3) nur Reizungen der Wurzeln oberhalb (nicht aber unterhalb) der Schnittstelle Schmerzen verursachen.

Reizung einer Vorderwurzel verursacht Schmerz; dagegen ist Reizung der durchschnittenen Vorderwurzel schmerzlos oberhalb, aber wiederum schmerzhaft unterhalb der Schnittstelle. Die betreffenden sensibelen Fasern gehören also nicht der Vorderwurzel als solcher an, sondern stammen von der Hinterwurzel, von welcher sie in die Vorderwurzel übergehen, um wahrscheinlich alsbald zum gemeinsamen gemischten Nervenstamm zurückzukehren; in der That schmerzt die Reizung der Vorderwurzeln nicht mehr, wenn vorher die Hinterwurzeln durchschnitten wurden. Man bezeichnet diese Erscheinung mit Magendie als sog. rückläufige Sensibilität.

Die willkührlichen Bewegungen nach Durchschneidung der Hinterwurzeln sind keineswegs kraftlos, wohl aber ungeschickt und nicht gehörig coordinirt (Panizza, Stilling), was sich aus der mangelnden Beihülfe des Tastsinnes (s. auch 468) und namentlich des Muskelsinnes erklärt.

Wird das gefühllose Bein des Frosches in eine andere Lage gebracht, so lässt es

das Thier liegen und zieht es in der Regel erst an, wenn man eine sensibel gebliebene Hautstelle reizt. Nach einigen Tagen aber verschwindet die Unbehülflichkeit der Bewegung; so lange nämlich das Thier noch ein Bein mit unversehrter Sensibilität hat, wirkt dieses bei gleichartigen Bewegungen beider Beine durch den gleichzeitigen Willensimpuls auch auf die Bewegungen des anästhetischen Beines in regelrechter Weise (Leyden). Ein Frosch, dem ein Bein amputirt ist, macht in der That einen viel unbeholfeneren Gebrauch von den Muskeln des andern, wenn man dessen sensibele Nerven durchschneidet.

Das Unbeholfene der Bewegungen nach Durchschneidung der Hinterwurzeln scheint dafür zu sprechen, dass die sensitiven Muskelnervenfasern in den Hinterwurzeln der Rückenmarksnerven verlaufen; weitere Stützen dieser Ansicht sind Thatsachen des § 95 (hintere Rückenmarksstränge), sowie die Schmerzlosigkeit der Reizung der durchschnittenen Vorderwurzeln oberhalb der Schnittstelle.

65. Hirnnerven.

Die 12 Paare, welche vorzugsweise zu den Organen des Kopfes und Halses gehen (nur einige haben grössere Verbreitungsbezirke), zerfallen in 3 Gruppen:

1) Ausschliessliche sensuelle Nerven: Olfactorius, Opticus, Acusticus; diese haben ausser der Vermittlung gewisser specifischer Empfindungen keine anderen Functionen, sie zeigen einen kurzen, von den übrigen Nerven abweichenden, Verlauf und eigenthümliche zur Aufnahme der Sinnesreize bestimmte Apparate an ihrer Peripherie (z. B. Stäbchenschicht der Netzhaut).

2) Reine Bewegungsnerven: Oculomotorius (? enthält nach Valentin und Adamük auch sensibele Fasern), Trochlearis, Abducens, Hypoglossus, Accessorius (letzterer zu Muskeln des Pharynx, Larynx, zum Sternocleidomastoideus und Cucullaris; über die eigenthümlichen (nicht motorischen) Beziehungen des Accessorius zum Herzen 133).

3) Gemischte Nerven, a) Trigeminus: die gangliöse grosse Wurzel ist (jedenfalls ganz überwiegend) sensibel, ihre Fasern vertheilen sich in die vordere und mittlere Kopfhaut, die Nasen- und Mundhöhle. Die kleine, ganglienlose Wurzel versorgt besonders die Kaumuskeln. b) Facialis, (mit 2 Wurzeln entspringend) versorgt die Gesichtsmuskeln, mit Ausnahme der Kaumuskulatur und enthält die Geschmacksnerven des Vordertheils der Zunge (s. auch 165). c) Glossopharyngeus; verbreitet sich in die Schleimhaut des Schlundes, Hintermundes und der Zungenbasis, welche er mit sensuellen (Geschmacks-) Fasern versorgt. Motorische Zweigchen gehen zu wenigen Muskeln des Hintermundes und Pharynx. d) Vagus; er versorgt namentlich Pharynx, Oesophagus, Magen, Leber, Herz und Respirationsapparat und galt früher als rein sensibeler Nerv; er schliesst jedoch schon in seinen Wurzeln, wenn auch in untergeordneter Zahl, motorische Fasern ein (s. 182. 183).

66. Sympathicus.

Das sympathische System ist ausgezeichnet durch Feinheit vieler seiner Nervenfasern, durch zahlreiche Geflechtbildungen und Ganglien und seine viel-

fachen Verbindungen mit den übrigen Nerven (die 3 ausschliesslichen Sinnesnerven ausgenommen). Der paarige, längs der Wirbelsäule verlaufende, Grenzstrang verbindet sich unmittelbar mit einigen Hirn- und (durch die Rami communicantes) mit allen Rückenmarksnerven; ausserdem aber stehen Zweige des Grenzstranges vielfach mit Hirn- und Rückenmarksnerven, zum Theil durch starke Geflechtbildungen, in Verbindung. Die Ursprünge und Verlaufsweisen der sympathischen Fasern sind schwer zu ermitteln, indem gerade diesen Nerven vor allen anderen die Eigenschaft zukommt, als Bahnen zu dienen, in welche Fasern verschiedener Art und mannigfaltigen Ursprunges, in verschiedenen Richtungen eintreten, um nach kürzerem oder längerem Verlauf wieder auszutreten. Unter Umständen gibt hierüber der physiologische Versuch Aufschluss. Man unterscheidet: 1) äussere Quellen des Sympathicus. Hierher gehören z. B. viele der in den Rami communicantes enthaltenen Fasern, welche vom Rückenmark zum Grenzstrang verlaufen, so z. B. nach Budge die im unteren Cervicaltheil des Rückenmarkes entspringenden sympathischen Fasern der Regenbogenhaut des Auges, welche im Halsgrenzstrang aufwärts gehen (356). 2) Innere Quellen des Sympathicus. In den Ganglien findet eine Faservermehrung statt, dieselben haben also die Bedeutung sympathischer Centralorgane. Der Sympathicus entspringt somit nicht ausschliesslich vom Rückenmark und ist keineswegs als ein Geflecht von Rückenmarksnerven zu betrachten, wie man früher annahm; ebensowenig stellt er, wie Bichat glaubte, ein eigenes, in sich abgeschlossenes Nervensystem dar. Er versorgt vorzugsweis die Wandungen der Blutgefässe und viele Eingeweide, namentlich das Herz, die Apparate des Athmens, der Verdauung, Harnbereitung; die Milz und die inneren Geschlechtstheile.

Die sensibelen Fasern vermitteln im Normalzustand keine Empfindung; jedoch können verschiedene Erkrankungen mancher, vom Sympathicus versorgten Organe, oder direkte experimentelle Reizung von sympathischen Nerven unter Umständen lebhafte Schmerzen veranlassen. Auch die Ganglien des Sympathicus sind empfindlich. Die motorischen Fasern sind dem Willen entzogen und zwar gilt das auch von den Beimischungen, welche der Sympathicus vom Rückenmark empfängt; sie versorgen die organischen Muskelfasern (73), deren Thätigkeit ausgezeichnet ist durch eine gewisse Langsamkeit und durch ihr Fortbestehen auch nach Zerstörung des Hirns und Rückenmarkes.

Obschon dem Sympathicus vom morphologischen Standpunkt aus eine gewisse Sonderstellung zukommt, so bieten doch seine Verrichtungen keine specifischen Unterschiede von denen der übrigen Nerven und wir haben desshalb keinen Grund, die mannigfachen Functionen des sympathischen Systems, denen wir bei den Einzelverrichtungen begegnen werden, schon hier, ausser Zusammenhang mit den betreffenden Einzelleistungen, zusammenzustellen.

B. Allgemeine Physiologie der Muskeln und Muskelnerven.

67. Reizung motorischer Nerven.

Der motorische Nerv ist erregbar an jeder Stelle, wenn auch in ungleichem Grad (69), die Erregung veranlasst Verkürzung der zugehörigen Muskeln. Reizmittel können sein: mechanische Eingriffe (Druck, Zerrung u. s. w.), Wärme (Eintauchen in Wasser von einigen 60° C.), Kälte, Elektricität, viele chemische Verbindungen. Letztere theilt Eckhard, nach der Grösse der erzeugten Muskelverkürzung, in stark wirkende (kaustisches Kali und Natron, unorganische Säuren, Alkohol), schwach wirkende (z. B. Salze der Alkalien) und nichtwirkende (fette Oele). Manche Metallsalze z. B. schwefelsaures Eisenoxyd bringen erst nach längerer Einwirkung Zuckungen hervor. Wirkungslos können übrigens selbst solche Verbindungen sein, welche die Nervensubstanz rasch und eingreifend verändern.

Den Einfluss der künstlichen Veränderung des Wassergehaltes der Nerven hat Harless untersucht. Durch Imbibition nimmt der Nerv, anfangs rasch, später langsam, Wasser auf, unter beträchtlicher Vergrösserung seines Querschnittes und bedeutender Abnahme der Reizbarkeit. Entzieht man dagegen dem Nerven Wasser (durch Vertrocknenlassen desselben, bei gleichzeitiger Abhaltung des Verdunstungsverlustes des zugehörigen Muskels), so wird die Reizbarkeit gesteigert. Beim Vertrocknen der Nerven, überhaupt bei der Einwirkung von Mitteln, die demselben Wasser entziehen (viele der obengenannten chemischen Verbindungen wirken vorzugsweis auf diese Weise auf den Nerven), treten Muskelzuckungen auf.

Die Erwärmung des motorischen Froschnerven steigert anfangs die Erregbarkeit und mindert sie später; Höhere Temperatur mindert die Erregbarkeit sogleich; niedere Temperaturgrade können aber den normalen Zustand wieder herstellen. Bei etwa 65° C. wird die Reizbarkeit augenblicklich vernichtet (Harless, Rosenthal), wobei das Nervenmark in krümlige Massen zerfällt. Die Abkühlung des Nerven vermehrt die Dauer, mindert dagegen den Grad der Erregbarkeit.

68. Leitungsgeschwindigkeit in motorischen Nerven.

Reizt man einen motorischen Froschnerven durch einen sehr kurzen elektrischen Schlag, so beginnt die Muskelverkürzung nicht augenblicklich, sondern erst etwa nach $^1/_{60}$ Secunde. Dem Willensbefehl gehorchen die Muskeln mit hinlänglicher Geschwindigkeit; aber auch in diesem Fall liegt zwischen dem Beginn der Bewegungsvorstellung und dem Eintritt der Reizung der Nervenursprünge ein Zeitminimum, dessgleichen zwischen der Erregung der Endausbreitung des motorischen Nerven und dem Beginn der Muskelverkürzung. Frühere ungerechtfertigte Vergleiche mit der ungeheuren Geschwindigkeit des

elektrischen Stromes in Metalldrähten u. dgl. sind durch Helmholtz widerlegt, welcher am frischen Nerv-Muskel-Präparat des Frosches eine Secundengeschwindigkeit der Nervenleitung von 27 Metern erhielt. Im Warmblüter ist dieselbe noch etwas grösser, etwa 33 Meter in der Secunde. Starke Erregungen werden im Nerven schneller fortgeleitet, als schwache (Valentin).

Die Methode von Helmholtz ist in ihren Grundzügen folgende: Ein senkrecht aufgehängter Muskel ist an seinem unteren Ende mit einem horizontalen Stift versehen. Letzteres verzeichnet bei ruhigem Muskel eine gerade horizontale Linie auf einen berussten Cylinder (s. 140 Kymographion), der sich um eine senkrechte Axe dreht. Der zugehörige, lang auspräparirte, Nerv wird an einer, vom Muskel fernen Stelle durch einen elektrischen Schlag gereizt; der Muskel verkürzt sich, das Stift beschreibt demnach während der Verkürzung eine schräg aufsteigende Linie auf den rotirenden Cylinder. Die Erhebung beginnt aber nicht genau a tempo mit der Reizung, deren Zeitpunkt ebenfalls auf den Cylinder verzeichnet werden kann, d. h. die Horizontale wird, obgleich der Nerv schon gereizt ist, noch ein Zeitminimum a hindurch beschrieben, ehe das Stift sich erhebt. Dann wird eine, dem Muskel nahe Stelle des Nerven gereizt; die (dem Zeitraum b entsprechende) Horizontale zwischen Beginn der Nervenreizung und der Erhebung des Stiftes ist jetzt kürzer, weil die Erregung durch eine kürzere Nervenstrecke fortgeleitet wird. Die (sehr grosse) Drehungsgeschwindigkeit des Cylinders ist bekannt, also ist der Werth a minus b, d. h. der Längenunterschied beider Linien, = der Zeit, innerhalb welcher die Nervenerregung fortgepflanzt wird durch die Strecke zwischen den 2 Reizungsstellen des Nerven.

Zur Messung der motorischen Leitungsgeschwindigkeit im Menschen legt Helmholtz auf den Daumenballen einen Fühlhebel, dessen Spitze den Cylinder des Kymographions berührt. Schon eine geringe Bewegung der Daumenmuskeln erhebt den Fühlhebel etwas. Die Beugemuskeln des Daumens werden vom N. medianus versorgt; als nahe Reizstelle dient die Gegend des Handgelenkes, wo die Daumenzweige des Medianus liegen, als ferne Reizstelle eine Stelle am Oberarm neben dem Coracobrachialis.

69. Durchschneidung motorischer Nerven.

Diese beseitigt den Willenseinfluss auf die zugehörigen Muskeln. Reizt man aber den Nerven unterhalb der Schnittstelle, so treten immer noch Muskelverkürzungen auf. Dieselben sind nach Valli anfangs sogar stärker, als bei der Reizung des unversehrten Nerven; später werden sie zunehmend schwächer und bleiben im Säugethier etwa vom fünften Tag an aus; wobei die Nervenfasern ihre normale Structur (60) immer mehr einbüssen. Die Erregbarkeit geht früher verloren 1) in dem Stamm des Nerven (Ritter), 2) in Warmblütern gegenüber den Kaltblütern und in letzteren in der Wärme früher als in der Kälte, 3) beim häufigen Galvanisiren des Nerven (Schiff).

Präparirt man den Nerven mit seinem Muskel aus, so geht die Erregbarkeit natürlich viel schneller zu Grund und das Stadium der erhöhten Erregbarkeit dauert, selbst bei Froschnerven, nur sehr kurz.

Die Nervenerregbarkeit stirbt zwar in der Richtung nach der Peripherie ab; doch gibt es gewisse Punkte, wo die Reizbarkeit rascher sinkt (Budge, Heidenhain); hieher scheinen namentlich die Stellen zu gehören, wo die Nerven grössere Zweige abgeben (Munk).

Das Absterben ist von so vielen, im speciellen Fall unberechenbaren, Nebeneinflüssen bedingt, dass es nicht auffallen kann, wenn die Angaben über die Erregbarkeit der verschiedenen Stellen des blossgelegten, also absterbenden

Nerven unter einander sehr abweichen. Nach Pflüger nimmt die Erregbarkeit der Nerven, also die Stärke der ausgelösten Muskelzuckungen zu, je mehr die gereizte Stelle des Nerven vom Muskel entfernt ist. Nach Budge und Heidenhain bietet der Nerv in seinem Verlauf wechselnde Strecken allmälig zunehmender und abnehmender Erregbarkeit. Nach Valentin gelten diese am abgetrennten Nerv-Muskelpräparat erhaltenen Normen nicht für das möglichst unversehrte Thier, in welchem die Reizbarkeit der Nervenfaser in absteigender Richtung zunimmt.

Nach erfolgter Entartung und vollkommener Reizlosigkeit der motorischen Nerven kann man immer noch mässige Verkürzungen durch direkte Reizung des Muskels erzielen, und die Erregbarkeit der Muskeln noch 2—3 Monate, in Fröschen viel länger fortbestehen.

Solche Muskeln werden meistens früher oder später mager, viele ihrer Fasern erleiden eine Fettumwandlung, sowie auch Fettmassen zwischen den Fasern abgelagert werden.

Muskeln, deren Nerven durchschnitten wurden, zeigen öfters ein schwaches Zittern, das durch wechselnde Contraction bald dieses, bald jenes Bündels bedingt ist. Dieses, an der Zunge besonders auffallende Zittern beginnt einige Tage nach der Nerventrennung und kann Monate lang fortbestehen (Schiff).

70. Direkte und indirekte Muskelreizung.

Die regelrechte Anregung der motorischen Nerven geschieht in den Centraltheilen, also an den Nervenursprüngen. Es liegt im Organisationsplan, dass der motorische Nerv in seinem Verlauf vor äusseren Einwirkungen, Druck, Schlag u. s. w. möglichst geschützt werde, und es sind immer nur Ausnahmen, wenn derartige Einflüsse den Nerven treffen.

Auch die Muskeln werden durch unmittelbar auf sie wirkende galvanische, mechanische u. s. w. Reize in Zuckungen versetzt. Führt man gegen einen Muskel des Menschen einen Schlag aus, so entsteht eine einzige rasche Zuckung; trifft der Schlag auch nur einen kleinen Theil der Längsausdehnung des Muskels, so contrahirt sich gleichwohl der ganze Muskel; trifft der Schlag nicht die ganze Breite des Muskels, so verkürzen sich nur die getroffenen Muskelbündel, aber auch diese in ihrer ganzen Länge (Auerbach). Chemische und galvanische Reize, welche vom motorischen Nerven aus Muskelcontractionen veranlassen, lösen bei unmittelbarer Wirkung auf den Muskel ähnliche Erfolge aus.

Seit Haller wurde den Muskeln vielfach das Vermögen zugeschrieben, auch unabhängig von den Nerven in Verkürzungen zu gerathen (sog. Muskelirritabilität). Man stellte demgemäss die direkte, selbstständige Muskelverkürzung gegenüber der indirekten, vom Nerven aus bewirkten. Als Hauptbeweis für den Haller'schen Lehrsatz galt eben die Verkürzung bei unmittelbarer Reizung des auspräparirten Muskels. Mit Recht leitete man aber später

die Erscheinung ab von Erregungen der im Muskel verzweigten, unversehrt gebliebenen Nervenenden. In derselben Weise sind die Muskelzuckungen zu erklären, welche einige Zeit nach dem Tode in Folge direkter Ansprache der Muskeln eintreten, wenn die Reizbarkeit der Nerven bereits geschwunden ist; die Nervenerregbarkeit stirbt nämlich in der Richtung gegen die Peripherie ab.

Die Streitfrage, deren theoretische Tragweite vorerst wohl nicht so gross ist, als Manche meinen, und die überhaupt erst dann klar formulirt werden kann, wenn die letzten Endigungen der motorischen Nerven in dem Muskelgewebe unbestritten festgestellt sind, wurde neuerdings mit feineren Hülfsmitteln zu entscheiden gesucht, wobei man sich namentlich folgende Aufgaben setzte: 1) die motorischen Nervenfasern sollen bis in ihre letzten Verästelungen durch passende Gifte, Galvanismus oder Nervendurchschneidung, unwirksam gemacht werden, ohne dass die Muskelfasern eine Beeinträchtigung erfahren. Der geforderte Zustand der Nervenfasern bis in ihre letzten Endigungen scheint aber nicht herstellbar zu sein. Nach Durchschneidung der Nerven z. B. entarten zwar die Nervenfasern (60), nicht aber die marklosen Endausbreitungen derselben. Vergiftet man Frösche mit dem amerikanischen Pfeilgift Curare (Worara), so erhält man bei Ansprache der motorischen Nerven keine Muskelzuckungen, wohl aber stellen sich letztere ein nach unmittelbarer Reizung der Muskeln selbst. Aehnlich wirken merkwürdigerweise einige Derivate des Strychnin (Methylstrychnin, Aethylstrychnin u. s. w.). Die motorischen Nervenfasern werden durch diese Gifte allerdings unwirksam gemacht, nichts aber bürgt dafür, dass deren marklose Endausbreitungen im Muskel selbst durch das Gift in gleichem Maasse getroffen werden; die Verschiedenheiten des Baues der motorischen Nerven in ihrer Peripherie und ihrem Verlauf lassen sogar eine Ungleichheit der Giftwirkung von vornherein erwarten. Das Gleiche gilt von Muskeln, deren Nerven schon seit längerer Zeit durchschnitten wurden; die Ansprache des in Folge der Durchschneidung entarteten Nerven bleibt wirkungslos, während direkte Muskelreizung noch Zuckungen auslöst; nach der Durchschneidung entarten nämlich bloss die markhaltenden Nervenfasern, nicht aber deren marklose Endausbreitungen. 2) Einige chemische Reize, sind, auf den Nerven gebracht, ohne Wirkung, wohl aber lösen sie Zuckungen aus bei direkter Application auf die Muskeln, z. B. caustisches Ammoniak. Auch diese Erfahrungen sind nicht vollständig eindeutig; die Nervenenden können auf solche Reize ausnahmsweis reagiren. 3) Man setzte sich vor, Muskelstücke auszuschneiden und dem Reizversuch zu unterwerfen, welche vollständig nervenlos seien. Nach Kühne und Engelmann sind die, selbstverständlich erregbaren, Endstücke des M. sartorius des Frosches vollkommen nervenfrei. Diese auf einem negativen mikroskopischen Ergebniss beruhende Thatsache, welcher zur Zeit wohl die meiste Beweiskraft für die Haller'sche Lehre zugeschrieben werden muss, kann gleichwohl mit fortschreitender Erkenntniss der letzten Nervenenden im Muskel ihre Bedeutung verlieren.

71. Beziehungen der Muskeln zum Willen.

Die Muskeln zerfallen in dieser Hinsicht in 2 Gruppen: 1) Willkürliche: die Haut- und Skeletmuskeln, Zwerchfell, Muskeln der Zunge, des Gaumens, Rachens, Kehlkopfes, Afters, Penis und der Harnröhrenschliesser (über die Blasenmuskulatur s. 240). 2) Unwillkürliche: Dem Willen entzogen sind: Herz, Muskulatur des Dauungsschlauches, die contractilen Elemente der Drüsenausführungsgänge und der Gefässe, Regenbogenhaut, Gebärmutter. Die willkürlichen Muskelfasern besitzen Querstreifen, welche den unwillkürlichen, das Herz ausgenommen, fehlen.

Der Wille beherrscht 1) das Eintreten der Zusammenziehung und Erschlaffung, also genau die Dauer der Zusammenziehung, und zwar so, dass der Muskel dem Willensbefehl, in oder ausser Thätigkeit zu kommen, schnellstens gehorcht.

2) Den Verlauf der Zusammenziehung. Der Wille versetzt den Muskel entweder in einen bestimmten anhaltenden Verkürzungsgrad, erzielt also eine bestimmte Stellung des Theiles, die unverrückt beibehalten wird, solang die Kraft ausreicht, oder er bringt den Muskel in zunehmend grössere Verkürzung, d. h. er führt eine bestimmte Bewegung aus.

3) Den Grad der Muskelthätigkeit, d. h. der Muskel übt eine bestimmte Kraft aus. Man hat den Grad der Anstrengung in Erfahrung gebracht, die nöthig ist, um eine bestimmte Last zu heben. Dadurch sind wir auch in Stand gesetzt, Gewichte mit einander zu vergleichen.

4) Der Wille beherrscht bestimmte Muskeln zur Erzielung complicirter Gesammtbewegungen. Dabei sind uns symmetrische Bewegungen, jeweils mit den entsprechenden Muskeln beider Seiten hervorgebracht, viel leichter als asymmetrische.

Dieses Vermögen hat also seine Grenzen; Bewegungen, die zugleich mit den beabsichtigten Bewegungen gegen unseren Willen erfolgen, nennt man Mitbewegungen. Sie kommen besonders vor bei Muskeln, die gewöhnlich oder doch häufig zusammenwirken, bei sehr anstrengenden Bewegungen; im höchsten Grad aber in gewissen Nervenkrankheiten, namentlich dem St. Veitstanz, wo die einfachsten Bewegungen durch Dazwischenkunft anderweitiger Muskelthätigkeiten gestört werden.

Sämmtliche Leistungen unserer willkürlichen Muskeln werden uns nur möglich durch entsprechende Uebung, sowie sie durch anhaltende Uebung zu immer grösserer Vollkommenheit gebracht werden. Die Mittel zur Ausführung dieser Leistungen sind dem Menschen und den Thieren unbekannt; dagegen ist genau in Erfahrung gebracht die (mit bestimmtem Muskelgefühle verbundene) Art der Anstrengung, die erforderlich ist, um eine bestimmte Bewegung zu vollführen, oder eine bestimmte anderweitige Erscheinung im Körper hervorzubringen. Mit anderen Worten: wir wollen einen gewissen Ton hervorbringen,

nicht aber bestimmte Kehlkopfmuskeln in Thätigkeit versetzen; wir wollen den Harn lassen, nicht aber die Sphinctermuskulatur erschlaffen u. s. w. Alles das wird uns nur dadurch möglich, weil wir Controlmittel besitzen, die uns versichern, dass das Gewollte auch wirklich von uns ausgeführt wurde. Ist diese Controle unmöglich gemacht, so bringt man die entsprechenden Muskeln nicht unter die Herrschaft des Willens, oder doch nur sehr mühsam und auf Umwegen. So ist die normale Controle für die richtige Ausführung des gesprochenen Wortes das Gehör; Taubgeborene können desshalb nicht auf diesem Wege sprechen lernen (499).

72. Geschwindigkeitsphasen der Willkürbewegung.

Der Wille vermag die Muskeln innerhalb gewisser Grenzen mit beliebiger Geschwindigkeit zu bewegen und die Geschwindigkeit in den Einzelphasen der Bewegung abzuändern. Camerer benützte zur Untersuchung dieser Leistungen einen in einer Führung verlaufenden horizontalen Stab, welcher, mittelst Bewegungen im Ellbogengelenk, durch zwei auf ihn gelegte Finger des Experimentirenden mit beliebiger Geschwindigkeit verschoben wurde. Die Verschiebungen wurden auf das um eine horizontale Axe rotirende Kymographion (140) aufgezeichnet und sodann die in den Einzelphasen der Bewegung zurückgelegten Räume gemessen.

a) Soll die Bewegung in allen ihren Phasen dieselbe Geschwindigkeit haben, so wird diese Absicht nur annähernd erreicht. Anfangs nimmt die Geschwindigkeit zu, erreicht sodann ein Maximum und nimmt dann wieder ab. Der Willensreiz bringt also die beabsichtigte constante Geschwindigkeit nur allmälig zu Stande; etwas schneller erzielt er die Arretirung der Bewegung. Uebrigens sind die Anfangsgeschwindigkeiten bei verschieden schnellen constanten Bewegungen ziemlich proportional den beabsichtigten mittleren Geschwindigkeiten.

b) Soll die Bewegung zunehmend verzögert werden, so thut der Wille im Anfang der Verzögerung zu viel, d. h. die Bewegung nimmt anfangs sehr rasch, später nur sehr wenig ab, sodass sie nahezu constant wird.

c) Besteht die Absicht, die Geschwindigkeit successiv zu vergrössern, so hat man keine nähere Vorstellung über das Maass der Geschwindigkeitszunahme. Die Anfangs- und Endgeschwindigkeit gehorchen einem besonderen Gesetz (namentlich ist die Anfangsgeschwindigkeit im Verhältniss zu den übrigen Phasen zu gross), in der ganzen Zwischenzeit dagegen ist die vollbrachte Bewegung (sehr annähernd) eine gleichmässig beschleunigte. Wird der überhaupt zurückgelegte Raum = 1000 gesetzt und die Zeit der ganzen Bewegung in 10 gleiche Phasen getheilt, so sind die am Ende jeder Phase durchlaufenen Räume bei den 3 Bewegungsformen folgende. (Bei a und b sind die in jeder Phase durchlaufenen Räume eingeklammert.)

		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
ad a		44	125	232	357	493	624	741	853	937	1000
			(81)	(107)	(125)	(136)	(131)	(117)	(112)	(84)	(63)
ad b		332	481	570	651	720	778	833	890	949	1000
			(149)	(89)	(81)	(69)	(58)	(55)	(57)	(59)	(51)
ad c	gefund.	22,3	52	102	176	271	389	518	691	881	1000
	berechn.	14,6	51	102	176	271	389	528	690	874	1000

Demnach erweist sich die willkürlich beschleunigte Bewegung als die regelmässigste von allen; indem sie die Form der gleichmässig beschleunigten Bewegung annimmt, kann sie so angesehen werden, als ob das die Bewegung unterhaltende Agens fortwährend gleich stark wirkt. Der Willensimpuls erfolgt wohl in Stössen; jedem Stoss entspricht eine gewisse Verkürzung des Muskels, die Stösse selbst folgen aber so rasch auf einander, dass der Muskel noch in voller Bewegung ist, wenn der neue Stoss nachfolgt. Die Wirkung ist dann eine gleichmässige Beschleunigung. Bei der constant beabsichtigten Bewegung ist der Muskel beim nächsten Willensimpuls nicht mehr in voller Bewegung, sodass der neue Stoss die Trägheit der Muskelfaser zu überwinden hat. Sehr langsame constant-beabsichtigte Bewegungen zeigen sogar ein ruckweises Fortschreiten. Die Bewegungsformen a und b sind, gegenüber der von c, erzwungene Zustände und es ist höchst wahrscheinlich, dass unsere gewöhnlichen Willkürbewegungen an sich gleichmässig beschleunigte sind.

73. Animalische und organische Muskeln.

Viele Muskeln ziehen sich, wenn sie gereizt werden, augenblicklich zusammen und erschlaffen eben so schnell nach Aufhören der Reizung. Hierher gehören alle willkürlich-thätigen Muskeln und das Herz. Ed. Weber nennt sie Muskeln der animalen Bewegung; die Fasern derselben sind mit Querstreifen versehen und relativ dick. Die quergestreiften Muskeln zeigen, sie mögen frisch oder todt, feucht oder getrocknet sein, das optische Vermögen der Doppelbrechung in hohem Grade (Brücke, Valentin).

In kurzen Muskeln erstrecken sich die Muskelfasern von einer Insertion direkt bis zur andern. Ob aber in langen Muskeln die Fasern ebenso lang sind, wie die Muskeln selbst, ist zweifelhaft. W. Krause zerfaserte Muskeln unter Zusatz geeigneter Reagentien und gibt an, dass die Fasern niemals länger als 4 Centimeter, d. h. als lange spindelförmige Zellen zu betrachten seien. Behandelte er Muskelstückchen kurze Zeit mit 35% Kalilauge, so stellten sich die Enden dieser spindelförmigen Zellen als noch allseitig vom Sarcolemma umschlossen dar.

Die Muskeln der organischen Bewegung (glatte Muskelfasern), welche aus sehr viel kürzeren Elementen bestehen, als die animalen Muskeln, ziehen sich nicht sogleich nach Beginn der Reizung zusammen, und verharren in der Zusammenziehung noch eine gewisse Zeit nach Aufhören des Reizes. Denselben ist also eine gewisse Langsamkeit der Bewegung eigenthümlich. Hierher gehören alle unwillkürlichen Muskeln, das Herz ausgenommen.

Diese Eintheilung ist gerechtfertigt, ohne aber durchgreifende Gültigkeit anzusprechen, denn 1) es gibt zwischen quergestreiften und glatten Muskelfasern Uebergänge, die übrigens in den höhern Wirbelthieren nur von untergeordneter Bedeutung sind, und 2) einzelne organische Muskeln, z. B. der Iris verkürzen sich verhältnissmässig schnell. Dasselbe Organ kann in verschiedenen Thieren animale oder organische Muskeln und somit die entsprechenden Bewegungsweisen besitzen.

74. Stoffwechsel im unthätigen Muskel.

Nach Unterbindung der arteriellen Blutzufuhr wird in Warmblütern nach Swammerdam, Stenon und Stannius (s. auch 59) der Willenseinfluss auf die Muskeln schnell vernichtet; Oeffnen der Ligatur stellt denselben wieder her. Einige Stunden nach Unterbindung ihrer Arterien verlieren die Muskeln die Reizbarkeit und beginnen starr zu werden (89); eine nicht zu spät erfolgende Injection von Sauerstoffhaltigem Blut in die Gefässe ruft bis zu einem gewissen Grad die Reizbarkeit wieder zurück (Kay). Die Hemmung des auch im unthätigen Muskel ohne Zweifel sehr regen Stoffwechsels hat demnach schnell den Verlust seiner Leistungsfähigkeit zur Folge. Die unausgesetzte Blutcirculation erhält die Leistungsfähigkeit des Muskels dadurch, dass der venöse Strom Umsatzprodukte des Muskels abführt, während die arterielle Zufuhr zunächst vorzugsweise durch den an die Muskeln abgegebenen Sauerstoff von Bedeutung wird. Desshalb bewahren auspräparirte Froschmuskeln ihre Reizbarkeit am längsten in Sauerstoffgas, weniger lang in der Luft (Humboldt), am kürzesten in sauerstofffreien Gasmischungen.

I) Unter den Eiweisskörpern des Muskels (die zusammen 18 % betragen) ist der bemerkenswertheste das spontan gerinnende Myosin. Kühne erhielt durch Auspressen frischer gefrorener Muskeln eine alkalische, gelbliche Flüssigkeit (Muskelplasma), die schon in gewöhnlicher Temperatur, sehr schnell aber bei 40° C., sowie durch Zusatz von Wasser oder stark verdünnten Säuren gerinnt, indem das vorher gelöste Myosin ausscheidet. Die zurückbleibende Flüssigkeit (Muskelserum) enthält von Eiweisskörpern gewöhnliches Albumen und Kalialbuminat.

Laugt man Fleisch mit ziemlich starker Kochsalzlösung aus, so gerinnt das Myosin nicht spontan, wohl aber nach Wasserzusatz u. s. w. Diese Löslichkeit in Kochsalz verliert das Myosin in verdünnter Salzsäure und geht dann, sammt den übrigen Eiweisskörpern des Muskels, über in eine verwandte Modification, den Muskelfaserstoff (Syntonin).

II) Von Stickstoffhaltigen Basen sind hervorzuheben: Kreatin (Kreatinin, als solches nicht präformirt), Xanthin und Hypoxanthin, Taurin u. s. w. Ueber die etwaigen Beziehungen dieser in kleinen Antheilen vorkommenden Muskelbestandtheile zur Harnsäure und zum Harnstoff s. 247 und 248. Harnstoff, dessen Abstammung zum grössten Theil (direkt oder indirekt) von den Eiweisskörpern des Muskelgewebes abzuleiten ist, wurde bisher vergebens im normalen Muskel gesucht (die wenigen Ausnahmen s. 249); ohne Zweifel verlässt im Normalzustand der gebildete Harnstoff alsbald das Muskelgewebe. Harnsäure, ein sicher constatirter Vorläufer des Harnstoffs (245), ist im Muskelgewebe nachgewiesen.

III) Sticktofflose organische Säuren: Eine mit der Milchsäure der sauren Milch fast identische Säure, sowie Spuren von Repräsentanten der Ameisensäuregruppe (Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure).

IV) Zuckerarten: Trauben- und Muskelzucker (Inosit). (s. auch 229 Glycogen).

V) Etwa 1% anorganische Salze (besonders Phosphate und Kaliverbindungen).

VI) Wasser, $^{3}/_{4}$ der frischen Muskelsubstanz.

VII) Gase: Sauerstoff, Stickgas, besonders aber Kohlensäure.

Die quantitative Bestimmung der in einem Muskel vorhandenen Gase ist mit unübersteiglichen Schwierigkeiten verbunden. Der auspräparirte, sonst unversehrte Muskel gibt die Gase seiner tiefern Schichten nur schwer in das umgebende Vacuum ab; zertheilt man den Muskel, so wird der Rest seiner Lebenseigenschaften schnell vernichtet; die vollständige Entfernung des Blutes ist unmöglich, oder wenn man den Muskel durch einen gasfreien Wasserstrom möglichst blutleer macht, so entzieht dieser Strom selbst wieder dem Muskelgewebe Gase (und andere Bestandtheile!). Dazu kommt noch, dass während der Entgasung Kohlensäure neugebildet wird u. s. w.

Nicht minder gross sind die Schwierigkeiten der direkten quantitativen Bestimmung der Veränderungen, welche die übrigen Muskelbestandtheile während der Thätigkeit des Organs erleiden; denn der Muskel wird mit Umsatzprodukten überladen, welche, so klein und schwer bestimmbar auch ihre absolute Menge ist, den Muskel in ganz abnorme Verhältnisse setzen.

Für manche Fragen ist die Vergleichung der Zusammensetzung des zu- und abströmenden Blutes empfehlenswerther, als die direkte Untersuchung des Muskels, obschon die, im Verhältniss zum Muskel sehr grosse Blutmenge, die das Organ durchströmt, in der Regel nur sehr geringe Veränderungen zeigen kann.

Die sicherste Einsicht in den Stoffumsatz des thätigen Muskels wird man vorerst immer noch dadurch gewinnen, dass man die Ausscheidungen (Exspirations- und Harnbestandtheile) während der Muskelthätigkeit und Muskelruhe mit einander vergleicht, ein Verfahren, das schon die ältere Physiologie nicht ohne Gewinn benützt hat.

75. Stoffwechsel im thätigen Muskel.

I. Die absolute Grösse des Stoffwechsels in den zwei verschiedenen Muskelzuständen ist völlig unbestimmbar. Der thätige Muskel wird blutreicher und in der Zeiteinheit von einer bedeutend grösseren Blutmenge durchströmt, so dass schon dadurch der Stoffumsatz gesteigert werden muss.

Der ruhende Muskel verschluckt in einem abgeschlossenen Raum atmosphärischer Luft Sauerstoff und gibt Kohlensäure ab in den umgebenden Gasraum (G. Liebig), die Sauerstoffaufnahme ist aber grösser als die Kohlensäureabgabe. Letztere übersteigt bei Weitem die Menge der Säure, welche beim Beginn des Versuches im Muskelgewebe enthalten sein konnte. Wird der Muskel (durch häufige elektrische Schläge) in Thätigkeit versetzt, so entzieht er der Atmosphäre mehr Sauerstoff und gibt an diese absolut und relativ noch mehr Kohlensäure ab. An Stickgas oder Wasserstoffgas geben die Muskeln nur wenig Kohlensäure ab.

Ludwig und Szelkow wird während der durch Inductionsschläge hervorgebrachten Contraction der Muskeln der hinteren Extremitäten der Kohlensäuregehalt des Cruralvenenblutes erheblich grösser und der Sauerstoffgehalt des-

selben merklich geringer als während der Muskelruhe. Ueber die Respirationsprodukte während der Muskelthätigkeit s. 601.

II. Der frische Muskel reagirt neutral oder schwach alkalisch; bei stärkerer Thätigkeit aber sauer (Dubois-Reymond), vorzugsweis durch Auftreten freier Milchsäure.

Im ruhenden Organ wird wohl die, aus den Kohlenhydraten (Zucker) des Muskels beständig gebildete Säure durch die alkalische Ernährungsflüssigkeit neutralisirt oder dem Muskel auf endosmotischem Wege entzogen, wogegen die grösseren Säuremengen bei gesteigerter Thätigkeit nicht so schnell entfernt werden können. Aus demselben Grunde nimmt auch im ruhenden auspräparirten Muskel die Acidität schnell zu.

III. Die stickstoffhaltigen Basen scheinen im angestrengten Muskel keine Vermehrung zu erfahrrn; Voit und Nawrocki läugnen eine Zunahme des Kreatin's.

IV. Mit der Muskelarbeit ist selbstverständlich auch eine Zersetzung der Hauptbestandtheile des Muskelgewebes: der Eiweisskörper verbunden. Völlig unzweideutige Ergebnisse könnte nur die direkte Bestimmung der Menge der Eiweisskörper in, möglichst lange Zeit in Thätigkeit versetzten, auspräparirten Muskeln liefern; Ranke wies unter diesen Umständen, welche die Möglichkeit eines Ersatzes, für die während der Muskelarbeit zersetzten Eiweisskörper, aus dem Blute ausschliessen, eine geringe Abnahme der Eiweisskörper in der That nach.

V. Die Harnstoffausscheidung während und nach der Muskelarbeit zeigt in der Regel eine mässige Vermehrung; einzelne Forscher (namentlich Voit in einigen Versuchen am Menschen) erhielten selbst gar keine Steigerung. Folgendes sind die Endergebnisse derjenigen Versuche, die eine kurze übersichtliche Darstellung zulassen. Alle Versuche, mit Ausnahme von A, sind am Menschen angestellt; die Zahlen bedeuten (C ausgenommen) die 24-stündige Harnstoffausscheidung in Grammen.

		Ruhe	Bewegung	
A	Hungertage	12,1	14,4	Voit
(Hund)	reiche Fleischkost	110,0	115,5	
B	gute Nahrung	38,8	44,4	Playfair
C	reiche Kost	17,2	23,5	Speck
	minder reiche Kost	13,2	17,6	(12stündige Tagwerthe)
D	gute Kost	37,2	37,0	Voit
	Hungern	26,6	25,0	

Auch Parkes erhielt eine mässige Vermehrung des Harnstoffs, aber nicht während einer kurzen (1 1/2tägigen) Arbeitsperiode, sondern 1—1 1/2 Tage lang, als Nachwirkung.

Da die Harnstoffausscheidung aus dem Blut in hohem Grade von der Harnmenge abhängt und die letztere während der Muskelthätigkeit stark abnimmt, so erscheint es rathsam, durch entsprechendes Wassertrinken dafür zu sorgen, dass während der Muskelanstrengung das Harnvolum nicht zu sehr abnimmt.

Weigelin untersuchte den Gang der Harnstoffausscheidung in 2stündigen Perioden; von 6—8 Uhr war der Körper ruhig, von 8—10 an den Arbeitsversuchen stark bewegt, von 10—12 Uhr in allen Versuchsreihen ruhig.

Wird die Harnstoffmenge von 6—8 Uhr = 1000 gesetzt, so verhielt sie sich in den 2 späteren 2stündigen Perioden folgendermaassen:

		8—10	10—12 Uhr	
Ruhe	a Hungern	940	902	
	b Gewöhnliche Kost	1051	1226	
	c ditto mit reichlichem Wassertrinken um 8^h	1458	1043	Gesammtharn von $8—12^h$ = 1099 CCM.
Bewegung	d Gewöhnl. Kost mit reichl. Wassertrinken von 8—10	1644	1540	Gesammtharn von $8—12^h$ = 952 CCM.

Die Arbeitsversuche (d) ergaben wiederum einen etwas höheren Harnstoffwerth als die Ruheversuche (c), sowohl während der Muskelanstrengung (um etwa $^1/_8$) als ganz besonders in der nachfolgenden 2stündigen Ruhezeit (um $^1/_2$). Eine relativ starke Harnstoffvermehrung erhielt Weigelin bei willkürlicher möglichst häufig wiederholter Anspannung sämmtlicher Sceletmuskeln in 1—2stündiger Versuchszeit.

76. Stoffwechsel im ermüdeten Muskel.

Längere Thätigkeit macht den Muskel weniger leistungsfähig (77, 78), womit sich gewisse Veränderungen seines Stoffwechsels verbinden. Heftig angestrengte Froschmuskeln geben in der darauf folgenden Ruhezeit weniger Kohlensäure an den umgebenden Luftraum ab; auch erlangen sie, nach ihrer Abtragung aus dem Körper, nicht denselben Grad acider Reaction, wie die vorher nicht angestrengten Muskeln (Ranke). Die Muskelthätigkeit verbraucht also säurebildenden Stoff, oder vermindert nachträglich in irgend welche Weise die Bedingungen der Säurebildung. Ueber Nachwirkungen der Muskelanstrengung auf den Chemismus des Athmens s. 604.

Da der angestrengte Muskel viel Säure bildet, so liess sich vermuthen, dass eben die Ansammlung von Säuren im Muskelgewebe als eine der Ursachen der Ermüdung zu betrachten sei. Für diese Ansicht spricht die Erfahrung Ranke's, dass kraftlos gewordene Froschmuskeln wieder leistungsfähig werden, wenn man durch Einsprizen (vom Herz aus) von Wasser, oder sehr schwacher kohlensaurer Natronlösung in die Gefässe des Muskels die angesammelte Säure entfernt. Auch lässt sich der kräftige Muskel kraftlos machen durch Einsprizen von höchst verdünnter Milchsäure in die Gefässe. Andere Bestandtheile des Muskels, z. B. Traubenzucker sind indifferent in dieser Beziehung, noch andere, namentlich saures phosphorsaures Kali wirken nach Ranke ebenfalls ermüdend. Förmlich lähmend wirken neutrale Kalisalze.

76a. Die Quellen der Muskelkraft.

Der Muskel leistet Arbeit auf Kosten seiner Bestandtheile. Als ausschliessliche Quelle der Muskelkraft betrachtete man früher die Eiweisskörper, während neuerdings Manche den stickstofflosen, also den nichtstabilen Elementen des Muskelgewebes, diese Rolle ausschliesslich oder doch vorzugsweise zuerkennen wollen.

Dass den Eiweisskörpern bei diesem Vorgang eine wesentliche (direkte oder indirekte) Bedeutung zukommt, beweist die Erfahrung, dass reichliche Stickstoffnahrung, also ein grosser Eiweissvorrath zu starker Arbeitsleistung

vorzugsweise befähigen und dass Hunde, die lange Zeit ausschliesslich mit fettfreiem Fleisch genährt werden, im Vollbesitz der Muskelkraft sind.

Gegen die Betheiligung der Eiweisskörper scheint auf den ersten Blick die Thatsache zu sprechen, dass Muskelthätigkeit die Harnstoffbildung nur mässig (nach Einigen selbst gar nicht) erhöht. Da nahezu aller Stickstoff der zersetzten Eiweisssubstanzen den Organismus im Urin in Form von Harnstoff verlässt (279), so darf die Harnstoffproduktion mit Recht als annäherndes Maass der Zersetzung der Eiweisssubstanzen des Körpers gelten (Voit). Als Maass der Umsetzung der Eiweisskörper der Muskulatur kann aber der Harnstoff nicht gelten, da wir den Antheil der übrigen Stickstoffhaltigen Gewebe (vielleicht auch Säfte) an der Gesammtharnstoffproduktion nicht entfernt kennen. Der Organismus besitzt, je nach seinem Ernährungszustand einen bestimmten Vorrath von Eiweisssubstanzen; ein starker Vorrath befähigt ihn erfahrungsgemäss zu nachhaltigeren mechanischen Arbeitsleistungen als ein geringer Vorrath. Ein grösserer Vorrath liefert aber auch dann mehr Zersetzungsproducte (Harnstoff), wenn die Muskeln in Ruhe verbleiben, als ein geringerer Vorrath. Diese Zersetzung eines Theiles des Eiweiss (man kann dasselbe mit Voit als Vorratheiweiss bezeichnen, gegenüber dem als wirklichen Gewebbestandtheil zu betrachtenden Organeiweiss) mag füglich »Luxusausgabe« heissen und sie ist es auch, wenn man den Organismus zunächst als blosse mechanische Kraftmaschine ansehen wollte. Nun ist die Vorstellung nichts weniger als ungereimt, dass der arbeitende Muskel von dem Vorratheiweiss verbraucht, das im Zustande der Körperruhe zu keinem mechanischen Effect verwendet worden wäre. Dann würde der Unterschied zwischen dem arbeitenden und ruhenden Organismus darin bestehen, dass der Ort der Harnstoffproduktion (Eiweisszersetzung) im ersten Fall noch mehr, als es ohnediess schon der Fall ist, in die, nunmehr viel blutreichere, Muskulatur verlegt wäre, ohne dass die Harnstoffbildung im Ganzen nothwendig eine erhebliche Steigerung erfahren müsste.

Da mit der Vermehrung des Eiweissvorrathes im Körper auch die Blutmenge und die als Sauerstoffträger funktionirenden Blutkörperchen zunehmen, so haben die Eiweisskörper noch die wichtige accessorische Bedeutung, den Muskeln die zu ihrer Arbeit nöthige Menge Sauerstoff zu liefern (Pettenkofer und Voit).

Obschon der Antheil der thätigen Muskeln an der Harnstoffproduktion unbekannt ist, so lässt sich doch ganz allgemein zeigen, dass die Zersetzung der Eiweisskörper nicht die ausschliessliche Kraftquelle der Muskeln bildet. 1 Gramm Eiweisskörper liefert, indem er in die vollständig verbrannten Endprodukte Kohlensäure und Wasser und in den halboxydirten Harnstoff übergeht, (nach 264) 4263 Calorien; letzteren entspricht (262) ein mechanischer Effect von 1803 Kilogrammmetern. Rechnen wir für die Zeit von 24 Stunden eine äussere mechanische Arbeit von 200,000 Kil. Met. (86), für die Arbeit des Herzens (158) sehr nieder angeschlagen 40,000 Kil. Met., also 240,000 Kil. Met. als gesammte innere und äussere Arbeit an, so würde diesen Arbeitsleistungen nach Obigem ein Eiweissumsatz von 133 Gramm entsprechen. Ein stark arbeitender Mensch

bedarf unstreitig eine tägliche Eiweisszufuhr, die letzterem Werth nahe steht. Nun ist aber die Annahme vorerst nicht bewiesen, dass sämmtliche bei der Oxydation des Eiweiss im Muskel frei werdende lebendige Kraft in mechanischen Nutzeffekt sich verwandele; ein leider unbekannter und zudem nach Heidenhain (87) variabeler, Antheil derselben muss in Wärme umgesetzt werden. Zudem nehmen auch die übrigen Gewebe, ausser den Muskeln, einen, der Grösse nach ebenfalls unbekannten, Antheil an der Eiweisszersetzung. Daraus folgt, dass der Eiweissumsatz in den Muskeln den mechanischen Effekt der letzteren nicht deckt.

In Versuchen von E. Smith verrichtete ein Arbeiter in einem Tretrade durchschnittlich 119,605 Kilogr. Met. tägliche äussere Arbeit; für die innere Arbeit (des Herzens, der Athemmuskeln u. s. w.) nimmt Frankland 79,000 K. M. an, im Ganzen also 198,605 K. M. Die ausgeschiedene Harnstoffmenge (17,7 Grm.) entsprach einem täglichen Eiweissumsatz von 114 Gr., dessen Nutzeffekt somit in runder Zahl 205,000 K.M. entspricht: Dieser berechnete Nutzeffekt steht dem geleisteten (198,605) ziemlich nahe, letzterer kann aber, wie oben bemerkt, nur zum Theil vom Eiweissumsatz in den Muskeln abgeleitet werden.

Daraus ergibt sich mit Wahrscheinlichkeit die Annahme, dass auch andere, also stickstofflose, Muskelbestandtheile eine Rolle bei diesem Vorgang spielen, und dass somit sämmtliche oxydationsfähige Bestandtheile als Kraftquellen des Muskels zu betrachten sind. Für die Betheiligung der stickstofffreien Bestandtheile spricht auch die bedeutende Steigerung der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe während (und nach) fortgesetzter Muskelanstrengung; die alsdann stattfindende Kohlensäure- und Wasserbildung ist nämlich so gross, dass sie nur zum kleineren Theil von den verbrennenden Eiweisskörpern abgeleitet werden kann. Ob aber eine specielle Auswerthung der mechanischen Effekte der Stickstoffhaltigen und Stickstofflosen Muskelbestandtheile unmittelbar am arbeitenden Organismus, bei unseren jetzigen unvollkommenen Kenntnissen über die Stoffwechselgrösse der Einzelgewebe, überhaupt möglich ist, lässt sich vorerst nicht entscheiden.

Gegen die neuerdings aufgestellte Behauptung, dass sogar die ganze Arbeit des Muskels ausschliesslich auf Kosten seiner Stickstofflosen Bestandtheile geschehe, spricht die unumstössliche Thatsache, dass ein mit Stickstofflosen Substanzen reichlich gefüttertes Thier, dem zugleich die Stickstoffhaltige Nahrung vorenthalten wird, zur Arbeitsleistung gänzlich unfähig wird.

77. Gestaltveränderungen des thätigen Muskels.

a. Verkürzung. Auspräparirte Muskeln reizbarer Frösche können sich, wenn die Schläge des Inductions-Apparates durch sie geleitet werden, nach E. Weber um 50—60% ihrer Länge, in einzelnen Fällen sogar noch mehr verkürzen. Diese grossen Werthe kommen aber im Körper nicht vor, weil 1) die antagonistischen Muskeln, die nunmehr gedehnt werden, allzustarken Verkürzungen einen grossen Widerstand entgegensetzen, und 2) die Gelenkverbindungen die gegenseitige Annäherung der Knochen nur bis zu einer bestimmten

Grenze gestatten. Lange Muskeln verkürzen sich bedeutend; bei 2-, 3- u. s. w. facher Länge sind, unter sonst gleichen Verhältnissen, die absoluten Verkürzungen 2-, 3 mal grösser; die % Verkürzungen aber bleiben gleich bei verschieden langen Muskeln (Borelli). Die Dicke (Querschnitt) des Muskels ist ohne Einfluss auf den Verkürzungsgrad. Bei demselben Muskel hängen die Verkürzungsgrade ab 1) von der Stärke des Reizes und 2) vom Ermüdungszustand; je ermatteter der Muskel, desto geringer sind seine Verkürzungen. 3) Mit zunehmender Erwärmung (etwa bis 33° C.) verkürzt sich der Froschmuskel immer mehr; jenseits dieser Temperatur nimmt die Verkürzung ab (Schmulewitsch). Sehr zweckmässig können die Muskelverkürzungen mittelst eines Stiftes auf ein berusstes Papier unmittelbar verzeichnet werden.

Die vom Nerven aus bedingte Verkürzung beginnt in allen Theilen des Muskels gleichzeitig; überhaupt ist bei dem Vorgang die Muskelfaser in ihrer ganzen Länge betheiligt. Man kann aber auch partielle Verkürzungen der Faser erhalten durch örtliche Reizung (Schiff). Streicht man mit dem Scalpelstiel über einen Muskel und zwar am besten rechtwinkelig zum Faserverlauf, so erheben sich die Strichstellen und deren Nachbartheile zu einem scharfbegrenzten Wulst, der nach einigen Minuten langsam verschwindet. Dieser Wulst entsteht auch am lebenden Menschen durch Anschlagen oberflächlicher Muskeln (Auerbach). Während der Bildung des Wulstes verlaufen nach beiden Seiten einige Contractionswellen bis zu dem Ende des Muskels, die wieder zum Wulste zurückkehren. Nach dem Tode zeigen die Muskeln diese Erscheinung selbst nach einer Reihe von Stunden, wenn der Galvanismus bereits wirkungslos geworden ist.

b. Dickerwerden. Zugleich mit der Verkürzung wird der thätige Muskel dicker, doch compensirt die Dickezunahme nicht vollständig die Verkürzung; daraus ergibt sich eine, jedoch nur höchst geringe: c. Volumabnahme des Muskels.

Erman brachte ein Stück eines Aales in ein mit Wasser gefülltes Gefäss, das oben in eine graduirte Röhre überging. Während der Muskelverkürzung sank das Wasser in der Röhre ein wenig.

Valentin hieng einen in verdünnte Eiweisslösung gebrachten Muskel des Murmelthiers an dem einen Balken einer empfindlichen Wage auf und setzte dessen Gewicht mit dem anderen Wagbalken, durch aufgelegte Gewichte, ins Gleichgewicht. Wurde der Muskel durch Induktionsschläge verkürzt, so senkte sich sein Wagbalken; der Gewichtsverlust war kleiner als im unthätigen Zustand, weil der Muskel weniger Flüssigkeit verdrängte. Die Volumabnahme beträgt nur $\frac{1}{1370}$, während das specifische Gewicht von 1061 auf 1062 steigt.

Versuche der Art sagen selbstverständlich nichts aus über die Volumverhältnisse des blutführenden unversehrten Muskels, dessen Thätigkeit immer mit einer Zunahme der Blutzufuhr und des Parenchymsaftes des Organes verbunden ist.

78. Muskelthätigkeit bei Widerständen.

In dem eben betrachteten Falle fand der Muskel bei seiner Zusammenziehung keinen äussern Widerstand. Diese Voraussetzung trifft aber im Körper nicht ein, denn die Muskeln haben zu überwinden das Gewicht der Körpertheile, die sie bewegen, sowie den (schwachen) Widerstand ihrer nunmehr gedehnten Antagonisten, ganz abgesehen von den nach aussen übertragenen mechanischen Leistungen, z. B. Heben von Gewichten. Stehen dem thätigen Muskel Widerstände entgegen, so sind 2 Fälle möglich:

1) Die Widerstände sind nicht zu überwinden. Der Muskel kann sich jetzt nicht verkürzen; wohl aber geräth er in Spannung, er wird derb und fest.

2) Die Widerstände können überwunden werden. Die Verkürzungen sind nunmehr geringer als beim Fehlen der Widerstände. Die Stärke der Verkürzung nimmt ab 1) mit zunehmender Grösse des Widerstandes. E. Weber erhielt z. B. an einem im unthätigen Zustand 45 M. m. langen Froschmuskel eine Verkürzung um etwa die Hälfte seiner Länge bei 5 Grammen Belastung, dagegen bloss um $^1/_3$ bei 30 Grammen Belastung. 2) Mit zunehmender Ermüdung. Der ermüdete Muskel hebt kleine Gewichte verhältnissmässig noch am besten, grosse aber gar nicht; es kann z. B. der Verkürzungsgrad bei 5 Grammen Belastung $^1/_3$, bei 30 Gramm dagegen bloss noch $^1/_{30}$ der Mukellänge betragen.

Nach Leber ermüdet der auspräparirte thätige Muskel viel weniger, wenn er Gewichte hebt, als wenn er verhindert wird sich zu verkürzen; auch bildet derselbe in letzterem Falle nach Heidenhain mehr Säure (74. III), was wohl auf eine Steigerung des Stoffwechsels überhaupt schliessen lässt. Reizung des unbelasteten Muskels ermüdet wenig, Belastung des unthätigen Muskels gar nicht.

Die Versuchsmethode besteht darin, dass man an das untere Ende eines senkrecht aufgehängten, frischen Froschmuskels eine kleine Waagschale befestigt und dieselbe mit Gewichten belastet, während der Muskel durch die Schläge der Inductionsmaschine in messbare Verkürzungen versetzt wird.

79. Zeitliche Einwirkungen der Bewegungsreize.

Die Verkürzung bietet verschiedene Grade und Formen je nach Dauer, Stärke und Aufeinanderfolge der Reize. Unter allen Muskel- und Nervenreizen ist die Elektricität der geeignetste, weil man dieselbe zeitlich und räumlich am besten in der Gewalt hat und zugleich ihre Stärke beliebig abstufen kann. Der elektrische Strom verlangt ein gewisses, absolut sehr kleines, Minimum der Reizdauer und eine gewisse minimale Stromstärke, wenn eine minimale Muskelzuckung ausgelöst werden soll. Die Verkürzung des Muskels wächst mit Zunahme der (momentanen) Reizstärke bis zu einem gewissen Maximum der letzteren, jenseits welcher der Muskel sich nicht noch stärker zusammenziehen kann. Diese Verhältnisse sind einer kurzen Darstellung nicht fähig, wir beschränken uns desshalb auf die zeitliche Folge der Reize, wobei eine sehr kurze Dauer jedes einzelnen Reizes (Inductionsschlag) vorausgesetzt wird. Es können folgende Fälle unterschieden werden: I. Ein momentaner elektrischer Schlag. Die Verkürzung, welche nicht sogleich beginnt (68), geschieht nicht gleichmässig, sondern mit anfangs zunehmender, später abnehmender Geschwindigkeit. Nach erreichtem Maximum (im Froschmuskel $^1/_{30}$ bis $^1/_{25}$ Secunde nach Beginn der Verkürzung) erfolgt die Verlängerung. Letztere geschieht anfangs sehr rasch; das letzte Sechstel oder Siebentel der Verlängerung jedoch viel langsamer, sodass das Präparat nach etwa $^1/_2$—$^3/_4$ Secunde seine frühere Länge

wieder gewinnt. Das Maximum der jeweiligen Verkürzung wird schneller erreicht vom nicht ermüdeten Muskel, bei kleineren Verkürzungen und dem Heben geringer Lasten. Uebrigens vermag ein momentaner Schlag, selbst wenn er sehr stark ist, den Muskel nicht auf sein Verkürzungsmaximum zu bringen, sodass einige schnell aufeinanderfolgende schwächere Schläge eine stärkere Verkürzung auslösen können.

Zur Untersuchung dieser Verhältnisse dient der auspräparirte Froschmuskel und das in 68 beschriebene graphische Verfahren.

II. Zwei momentane Schläge. Der zweite erhöht die Wirkung des ersten, wenn beide nur mässig stark sind. Sind sie aber so stark, dass jeder für sich das einem momentanen Schlag mögliche Verkürzungsmaximum auslöst, so hängt die Wirkung von der Geschwindigkeit ihrer Aufeinanderfolge ab (Helmholtz). Der zweite Schlag folgt entweder 1) genau nach Beendigung der Wirkung des ersten, man hat dann zwei Verkürzungen; oder 2) während der Wirkung des ersten, d. h. während der Muskel sich verkürzt oder wieder verlängert. Dann addirt sich die dem zweiten Schlag entsprechende Verkürzung zum eben vorhandenen Verkürzungsgrad des Muskels; oder 3) wenn die dem ersten Schlag entsprechende Zuckung noch nicht begonnen hat, d. h. der zweite Schlag folgt sehr schnell (mindestens nach $\frac{1}{600}$ Secunde) auf den ersten. Die Verkürzung ist jetzt nicht grösser als bei einem einzigen Schlag.

III. Mässig schnell auf einander folgende Schläge. Der Muskel hat keine Zeit, zwischen den Einzelschlägen zu erschlaffen; er verharrt in anhaltender Verkürzung, im Tetanus. Dazu sind etwa 15 elektrische Schläge in der Secunde beim Froschmuskel durchschnittlich erforderlich. Dabei vermag der Muskel, trotz gleichbleibender Stärke des Reizes, das anfängliche Verkürzungsmaximum nur kurze Zeit zu behaupten; er verlängert sich allmälig und zwar anfangs rascher, später langsamer. Nach Marey hängt die für den anhaltenden Tetanus erforderliche Zahl der Schläge in hohem Grad ab von der Thierart und bei demselben Individuum von dem gewählten Muskel. Der Hyoglossus des Frosches verlangt 10, der Gastrocnemius mindestens 20 Schläge in der Secunde. Bei der Schildkröte reichen 3 Schläge hin, während im Vogel 70 Schläge noch keinen gleichförmigen Tetanus erzeugen.

Auch nach Aufhören des Reizes gewinnt der tetanisirte Muskel nicht alsbald seine ursprüngliche Länge; er erschlafft namentlich nach längerer Einwirkung der Inductionsschläge nur allmälig.

IV. Sehr schnell auf einander folgende Schläge. Der Tetanus hört auf, wenn die Schläge allzuschnell, z. B. einige 100 in der Secunde, aufeinanderfolgen; Vermehrung der Stromstärke führt dann wiederum Tetanus herbei (Harless, Heidenhain).

Bei zu schnell auf einander folgenden Schlägen verschwindet die Wirkung der Einzelschläge, und der Reiz wirkt wie die konstanten Ströme, die während ihres Bestehens (112) den Muskel ruhig lassen. Auch auf die Muskeln des Menschen wirken 20—30 Inductionsschläge in der Secunde stärker als 60—70; über 100 veranlassen bloss noch ein schwaches Zittern, bei weiterer Steigerung werden die Muskeln vollkommen ruhig.

80. Muskelgeräusch.

Der contrahirte Muskel gibt (wenn er zugleich gespannt ist, d. h. einem Widerstand Gleichgewicht hält) ein schon von Wollaston bemerktes dumpfes Brausen, dessen Grundton 18—20 Schwingungen in der Secunde macht (Haughton). Man hört das Geräusch, vor allem den ersten Oberton (325) des Grundtons, z. B. beim Aufsetzen des Stethoskopes auf den Arm, oder wenn man bei gut verstopften Ohren die Kaumuskeln stark anspannt. Tetanisirte Helmholtz die Kaumuskeln durch Inductionsschläge, so zeigte der Muskelton eine der Schnelligkeit der Schläge entsprechende Höhe; leitete er die Schläge nur durch den Nerven, so gab gleichwohl der Muskel eine der Schlagzahl entsprechende Tonhöhe, jedoch von viel geringerer Stärke. Die Wechselbewegungen, welche die Inductionsströme dem Nerven zuführen, werden demnach in diesem mit unverändertem Rhythmus fortgepflanzt und bringen im Muskel Stösse von derselben Zahl hervor. Der Muskelton rührt von periodischen Bewegungen der kleinsten Theile des Muskels selbst her.

81. Vorbemerkungen über Muskelelasticität.

Ein elastischer Körper, z. B. ein Kautschukfaden, zeigt, wenn keine äusseren Kräfte auf ihn wirken, eine gewisse Form, seine »natürliche Form«. Wird aber ein Zug auf ihn ausgeübt, z. B. durch Anhängen eines Gewichtes, so verlängert er sich; die Theilchen entfernen sich jetzt etwas von einander, ihre elastischen Kräfte werden in Anspruch genommen und zwar um so mehr, je mehr der Körper von seiner natürlichen Form entfernt wird. Diese elastischen Kräfte reagiren wiederum auf die Befestigungspunkte des Körpers mit einer Kraft, welche gleich ist der dehnenden Kraft. Wird das angehängte Gewicht weggenommen, so gewinnt der Körper seine frühere Form; wird aber bloss ein Theil der Gewichte entfernt, so verkürzt er sich um ein Gewisses, d. h. er hebt den Rest der Gewichte auf eine gewisse Höhe. Man unterscheidet 1) Vollkommenheit der Elasticität: ein vollkommen elastischer Körper gewinnt nach aufhörender Dehnung seine frühere natürliche Form genau wieder, eine Eigenschaft, die dem Muskel ohne wesentlichen Fehler zugeschrieben werden kann; 2) Grösse der Elasticität: manche Körper geben schon geringen Zugkräften nach, sie üben also auf ihre Befestigungspunkte nur geringe elastische Kräfte aus; andere lassen sich schwerer dehnen, z. B. ein Stahldraht. Jenen schreibt man ein niederes, diesen ein hohes »Elasticitätsmaass« zu.

Das Gewicht, welches einen Körper von der Querschnittseinheit (z. B. 1 □ Centimeter) um das Doppelte seiner natürlichen Form ausdehnt oder ausdehnen würde, wenn er überhaupt eine so starke Verlängerung zuliesse, nennt man dessen Elasticitätsmaass. Um letzteres zu finden, hängt man den Körper an einem graduirten Stativ senkrecht auf und misst dessen natürliche Länge. Hierauf wird am unteren Ende des Körpers eine Waagschaale befestigt und dieselbe der Reihe nach belastet, unter gleichzeitiger Messung der entsprechenden Dehnungen.

82. Elasticität des unthätigen Muskels.

Die Muskeln sind auch im unthätigen Zustand etwas gespannt; nach Durchschneidung einer Sehne weichen die Schnittflächen in der That ein wenig auseinander. Diese Spannung ist übrigens relativ schwach, sodass wir gewohnt sind, den unthätigen Muskel als schlaff zu bezeichnen.

Die Spannung des unthätigen Muskels ist wichtig für seine Function. Wäre derselbe gar nicht gespannt, so müsste er, wenn er in Thätigkeit kommt, zuerst einen gewissen Spannungsgrad erlangen und würde dann erst im Stande sein, einen Zug auf den Knochen auszuüben.

Die elastischen Kräfte der unthätigen Muskeln werden im Körper in Anspruch genommen, d. h. die Muskeln werden gedehnt, wenn ihre Antagonisten sich verkürzen; gerathen dagegen die letzteren wieder in Erschlaffung, so gewinnen die gedehnten, unthätigen Muskeln wieder ihre frühere Form.

Die unthätigen Muskeln werden (wie die weichen thierischen Gewebe überhaupt, nach Wertheim) schon durch kleine Gewichte stark gedehnt, ihre weiteren Dehnungen nehmen aber bei zunehmend grösseren Belastungen rasch ab.

Ed. Weber erhielt an einem Froschmuskel (hyoglossus) folgende Werthe:

Belastung in Grammen.	Muskellänge in Millimetern.	Ausdehnung in Millim.	Procentige.
0,3	24,9	—	—
1,3	30,0	5,1	20
2,3	32,3	2,3	7
3,3	33,4	1,1	3
4,3	34,2	0,8	2
5,3	34,6	0,4	1

Wäre der unthätige Muskel mit »grosser« Elasticität begabt, so würde er seinen Antagonisten bedeutend Widerstand leisten und dieselben zu übermässigem Kraftaufwand nöthigen. Auch würde nach Aufhören der Verkürzung des Antagonisten der gedehnte unthätige Muskel mit grosser Kraft seine frühere Form einnehmen und dadurch den Gliedern kräftige, schnellende, also störende, Bewegungen mittheilen.

83. Elasticität des thätigen Muskels.

Die Muskeln werden im Zustand der Thätigkeit nach Ed. Weber dehnbarer, d. h. ihre elastischen Kräfte nehmen ab. Diese Erscheinung kann ein stark ermüdeter Muskel unter Umständen unmittelbar bieten; wird ein solcher mit einem grossen Gewicht belastet und alsdann gereizt, so verlängert er sich in der That (allerdings nur um ein Geringes), statt sich zu verkürzen.

Hängt man an den thätigen Muskel der Reihe nach neue, aber gleiche Gewichte an, so nimmt die in Procenten seiner Länge ausgedrückte Dehnung immer mehr zu und zwar bis zu einem Punkt, wo der Muskel die geringste Elasticitätsgrösse zeigt, d. h. wo das Hinzufügen eines neuen Gewichtes den Muskel verhältnissmässig am meisten dehnt. Z. B. ein mit 5 Grammen beschwerter Muskel erhielt weitere 5 Gramme zugelegt, er dehnte sich um 3%;

während er, bei 25 Grammen Belastung, nach Hinzufügen von neuen 5 Grammen um 12 % sich dehnte. Von diesem Maximum der Dehnbarkeit an bewirkten neue Gewichtszulagen wieder geringere Dehnungen; z. B. bei 30 Grammen Belastung weitere 5 Gramme bloss 8 % Verlängerung. Dieser Wendepunkt erscheint um so früher, je mehr der Muskel ermüdet ist. Da die elastischen Kräfte des thätigen Muskels abnehmen, so ist derselbe bloss im Stande, ein geringeres Gewicht zu heben, als er heben könnte, wenn er sich verkürzen würde ohne Verringerung seiner Elasticitätsgrösse.

In obigem Beispiel ist der kürzeste Ausdruck gewählt, um die elastischen Eigenschaften des thätigen Muskels zu schildern, obschon der Versuch selbst so nicht ausführbar ist. Da nämlich die natürliche Länge und Elasticität des thätigen Muskels von Augenblick zu Augenblick sich ändern, so ist es praktisch unthunlich, den verkürzten Muskel (wie das beim unthätigen geschieht) durch verschiedene Gewichte der Reihe nach dehnen zu lassen. Weber glaubt, es führe zu demselben Ziel, wenn man den, durch verschiedene Gewichte gedehnten, unthätigen Muskel sich verkürzen lässt. Man hat dann in den Längen, welche der thätige Muskel bei verschiedenen Belastungen zeigt, die Werthe zur annähernden Berechnung seiner Dehnbarkeit.

Innere Gründe sprechen dafür, dass im thätigen Muskel das Elasticitätsmaass abnimmt. Doch soll damit nicht behauptet werden, dass die Abnahme gewöhnlich so bedeutend sei, als Weber fand. Volkmann wendet gegen Weber's Verfahren ein, dass der unthätige Muskel durch das Gewicht schon gedehnt sei, also sich zuvor verkürzen müsse, um nur seine frühere Form zu erlangen, worauf erst die weitere Verkürzung folgt; der Muskel werde also bei Weber's Methode zu sehr ermüdet. Brachte Volkmann unter dem Gewicht eine, die Dehnung des Muskels verhütende Stütze an, und reizte er dann den Muskel, so wurde das Gewicht höher gehoben, d. h. die Dehnbarkeit des thätigen Muskels war geringer als beim Weber'schen Verfahren.

Mansvelt experimentirte am Menschen selbst; die Versuchsperson hatte die Aufgabe mittelst des Vorderarmes, bei unterstütztem Ellbogen, ein Gewicht in gewisser Höhe zu halten. Wurde sodann das Gewicht unvermuthet entfernt, so schnellte der Arm nach aufwärts; die jetzige Länge der Muskeln (Biceps und Brachialis internus) entsprach der Innervation der bloss durch das Armgewicht gedehnten Muskeln, die frühere dagegen der durch das hinzugefügte Gewicht bei derselben Innervation bewirkten Dehnung der Muskeln. Mansvelt fand, dass die Dehnbarkeit der Muskeln sich annähernd gleich bleibt bei den verschiedenen (mässigen) Contractionsgraden, was auch schon früher Wundt am Froschmuskel gefunden hatte. Auch zeigte sich, dass der Muskel nach lange anhaltender Anstrengung dehnbarer wird; der Wille muss denselben also stärker innerviren, wenn er in seinem anfänglichen Verkürzungsgrad verharren soll.

Sind diese am unversehrten Muskel gewonnenen Erfahrungen maassgebend, so würde folgen, dass der auspräparirte Muskel an sich schon in einen gewissen Ermüdungszustand verfällt.

84. Maass der Muskelkraft.

Die Muskeln vermögen, wie jede andere Kraftquelle (Motor), äussere Widerstände zu überwinden. Die Wirkungen können dabei sehr verschieden sein, z. B. Veränderung der Form eines Körpers, Bewegung eines ruhenden Körpers, Veränderung oder selbst Vernichtung einer vorhandenen Bewegung; immer

aber äussert sich die Muskelthätigkeit, wie jede Kraft überhaupt, zunächst als Zug oder als Druck (Stoss). Wenn wir einen Körper stossen oder an ihm ziehen, so haben wir das Gefühl einer bestimmten Anstrengung; ein ähnliches Gefühl stellt sich ein, wenn wir ein Gewicht einfach z. B. mit der freien Hand unterstützen. Die Kräfte sind also für uns wahre Gewichte, sie lassen sich ausdrücken und unter sich vergleichen durch Gewichte. Eine bestimmte Kraft hält demnach an einer Waage einem bestimmten Gewichte das Gleichgewicht.

Als »Kraftmesser« (Dynamometer) verwendet die mechanische Praxis vielfach die Federwaagen. Das Regnier'sche Dynamometer Fig. 7 misst Zug- wie Druckkräfte. Es besteht aus der ovalen elastischen Feder *a b* und dem, um Axe *m* drehbaren Eisenstück *s*, welches durch ein Gelenk mit dem Winkelhebel *c w* verbunden ist. Sucht man durch Druck die Federarme einander zu nähern, so bewegt sich *m* gegen *c*; desshalb schiebt der, um *c* sich drehende, Winkelhebel, dessen langer Arm *w* vorn mit einem Stift versehen ist, den Zeiger *z* längs der nach Gewichten graduirten Scala nach rechts. Die Unterseite des

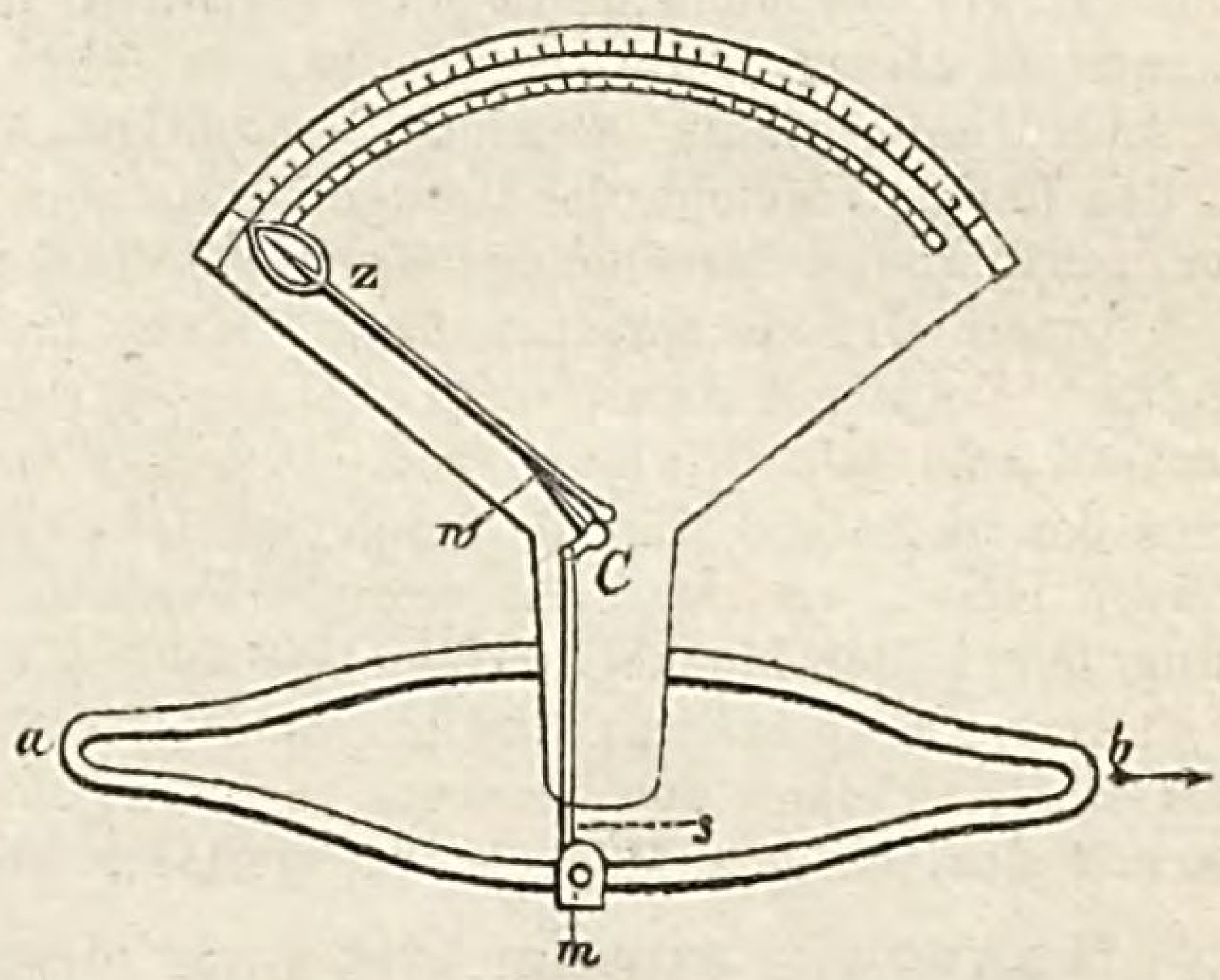


Fig. 7.

Zeigers ist theilweis gepolstert, sodass derselbe beim Nachlass des Druckes, durch welchen er vorwärts geschoben wurde, mittelst Reibung festgehalten wird und nicht zurückgeht. Wirkt, wenn das Ende *a* befestigt ist, bei *b* in der Richtung des Pfeiles eine Zugkraft, so wird die Feder gedehnt in der Längsrichtung, was wiederum ein Zusammendrücken derselben in der Querrichtung zur Folge hat. Eine zweite, für Zugkräfte graduirte Scala zeigt die betreffenden Werthe an. Diese Apparate geben nur die Maximalwerthe einer kurz vorübergehenden Anstrengung an, nicht aber Maasse für anhaltende Kraftwirkungen.

Nach Quetelet kann ein mittlerer Mann mit beiden Händen eine maximale Druckkraft ausüben von etwas über 70 Kilogrammen; den doppelten Werth hat dagegen die Zugkraft beider Arme.

Der unthätige Muskel verlängert sich, wenn er mit einem Gewicht belastet wird; der thätige Muskel dagegen hebt jenes Gewicht; bei einem bestimmten Gewicht aber vermag der Muskel, auch im Maximum seiner Thätigkeit, dasselbe nicht zu heben, andererseits aber das Gewicht den thätigen Muskel nicht zu verlängern. Der thätige Muskel hat nunmehr dieselbe Länge, wie in seinem unthätigen, durch kein Gewicht beschwerten Zustand, mit anderen Worten: das Gewicht ist jetzt im Gleichgewicht mit dem thätigen Muskel. Dieses Ge-

wicht ist das Maass der sog. statischen Kraft des Muskels (Ed. Weber). Z. B. ein Froschmuskel, der im unthätigen Zustand 25 M. m. lang war, wurde mit zunehmenden Gewichten belastet und gereizt. Er hob diese Gewichte; bei 36,2 Gramm. Belastung aber zeigte er, trotz seiner Thätigkeit, wiederum eine Länge von 25 M. m. Der Muskel hatte einen Querschnitt von 0,052 □ C. M., also war seine statische Kraft für 1 □ C. M. Querschnitt = 692 Grammen. Rosenthal fand für den Wadenmuskel eines mittleren Frosches 1000—1200 Grmm., also für 1 □ C. M. Querschnitt 2800—3000 Gramm. Für 1 □ C. M. menschlicher Muskeln erhielten Henke 7—8, und Koster 9—10 Kilogramme, also viel höhere Werthe.

85. Nutzeffekt einmaliger Muskelverkürzung.

Die im vorigen § erwähnte Messung der Kräfte nach ihrer »unmittelbaren Aeusserung« ist in der Lehre vom Gleichgewicht der Kräfte die allgemein übliche. In der Bewegungslehre dagegen werden die Kräfte anders gemessen, nämlich durch die äusseren Wirkungen der Bewegungen, den sog. Nutzeffekt (mechanischer Effekt, die Arbeit der Bewegung). Das vertikale Heben eines Gewichtes stellt die einfachste Arbeit dar, weil der zurückgelegte Weg in die Richtung der Kraft fällt; desshalb führt man alle Nutzeffekte auf diesen Ausdruck zurück. Der Nutzeffekt einer einmaligen Verkürzung eines auspräparirten, senkrecht aufgehängten Muskels ist somit das Produkt des durch den Muskel gehobenen Gewichtes in die Hubhöhe (Muskelverkürzung).

Ed. Weber erhielt an einem Froschmuskel folgende Werthe:

	Gehobene Last in Grammen:	Hubhöhe in Millimet.:	Nutzeffekt in Gramm-Millimet.:
a.	5	27,6	138
b.	15	25,1	376
c.	25	11,45	286
d.	35	6,3	220

d. h. 138 Gramm-Millimeter sind = dem Heben eines Gewichtes von 5 Grammen auf 27,6 Millimet. oder von 27,6 Grammen auf 5 Millimet. u. s. w.

Der Nutzeffekt wächst mit der Belastung, erreicht dann ein Maximum (bei b.) und wird mit weiteren Belastungen zunehmend kleiner. Ein bestimmter Muskel bietet nach Weber das Maximum seines Effektes bei einer bestimmten Belastung, ein anderer Muskel bei einer anderen Belastung. Der ermüdete Muskel z. B. verkürzt sich bei schwacher Belastung verhältnissmässig noch am besten; hierher fällt sein grösster Effekt; starke Lasten kann er gar nicht mehr heben, also nunmehr keinen Nutzeffekt mehr leisten.

86. Nutzeffect wiederholter Muskelverkürzungen.

Die Leistung eines Bewegungsmechanismus ist nicht vollständig bestimmt durch die Angabe des Nutzeffectes einer einmaligen Bewegung; es muss desshalb noch beigefügt werden, innerhalb welcher Zeit die Bewegung ausgeführt wird und wie oft sie wiederholt werden kann. Um die Nutzeffecte auch in dieser Hinsicht unter sich vergleichbar zu machen, reducirt man sie auf eine Zeiteinheit, z. B. die Secunde. Man nimmt nach zahlreichen praktischen Erfahrungen für die Secundenleistung eines mittlern Arbeiters während seiner Arbeitszeit 7, für die eines Pferdes 60—70 Kilogrammeter an (Redtenbacher). Die Muskeln können aber nicht beständig arbeiten, daher muss auch die Ruhezeit eingerechnet werden. Wird die Arbeitsdauer zu 8 Stunden angenommen, so beträgt der tägliche Nutzeffect des mittleren Arbeiters 201600 Kilogr-Met.; die durchschnittliche Secundenleistung (die Ruhezeit eingerechnet) also 2,3 K.M.

Jeder Motor, der leblose wie der lebende, ist nur zu einem bestimmten durchschnittlichen Nutzeffect befähigt, die Beschäftigung selbst mag sein welche sie wolle (Bernoulli). Bei lebenden Motoren kann derselbe vorübergehend nicht unbedeutend gesteigert werden, aber immer auf Kosten späterer Arbeitsfähigkeit, ja der Gesundheit. Der Arbeiter gehorcht instinktmässig obigen Normen. Soll er Tag für Tag den möglichsten Nutzeffect erreichen, so beschwert er sich bei jeder Einzelbewegung mit einer bestimmten Last, lässt die Bewegungen in bestimmten Zwischenräumen auf einander folgen und sorgt für eine gehörige Vertheilung der Ruhezeiten.

Viele herkömmliche Angaben über den täglichen Nutzeffect des Arbeiters geben Werthe, welche die obigen nicht nur bedeutend übertreffen, sondern auch, je nach der Arbeit selbst (Werfen von Erde mit einer Schaufel, Heben von Lasten mittelst Maschinen u. dgl.) unter sich selbst sehr abweichen. Diese Angaben beziehen sich aber auf Arbeiten, die direkt nicht unter sich vergleichbar sind, ja selbst zum Theil auf keine »Nutzeffecte« im mechanischen Sinn, z. B. das Fortbewegen des Körpers oder einer Last auf ebenem Boden. Im letzteren Fall ist die Arbeit nicht etwa das Produkt der Last in die Länge des Weges, indem die Last nicht in der Richtung des Weges, sondern in einer darauf senkrechten Richtung widersteht.

87. Wärmeentwickelung thätiger Muskeln.

Die Production der Körperwärme ist, wie in § 263 gezeigt wird, gesteigert während der Muskelthätigkeit. Becquerel und Breschet, welche zuerst die Temperatur des thätigen Muskels mittelst des thermoelektrischen Multiplicators untersuchten, fanden während anhaltender Thätigkeit des M. biceps brachii im Menschen eine Temperaturzunahme von 1° C.; auch steigt die Wärme der über den thätigen Muskeln liegenden Hautstellen (Ziemssen). Helmholtz zeigte, dass auch der auspräparirte blutleere Froschmuskel im anhaltend verkürzten Zustand etwa $^1/_{10}$° wärmer wird.

Wird ein auspräparirter Froschmuskel mit steigenden Gewichten beschwert und durch gleichstarke Inductionsschläge vom Nerven aus zur Zusammenziehung

gebracht, so nimmt (s. 85) der Nutzeffect zu, zugleich wird aber auch die Temperaturzunahme des Muskels immer höher (Heidenhain). Die Temperaturzunahme darf in diesem Fall als Ausdruck der gebildeten Wärmemenge gelten. Von einer gewissen Belastung an nehmen Nutzeffect und Temperaturzunahme des Muskels wieder ab, die letztere jedoch schneller, wesshalb sie nicht mehr merklich wird, wenn der Muskel durch geringes Heben grosser Gewichte noch einen kleinen Nutzeffect vollbringt.

Dehnt man den Muskel mit angehängten Gewichten, und fixirt ihn dann so, dass er sich nicht verkürzen kann, so steigt während der Muskelthätigkeit (und zwar wiederum bis zu einer gewissen Belastungsgrösse) die Temperaturzunahme. Aus obiger Thatsache folgert Heidenhain: Wärmeentwickelung und mechanische Arbeit nehmen (bis zu einer gewissen Grenze) zu mit der Spannung des Muskels.

Wenn der mit einem Gewicht beschwerte Muskel sich verkürzt, also Arbeit verrichtet, so ist seine Wärmeentwickelung geringer, als wenn er (bei gleichstarker Reizung seines Nerven) an der Verkürzung verhindert, bloss in Spannung geräth (J. Béclard).

Letztere Erscheinung hängt ab: 1) von dem nunmehr stattfindenden stärkeren Stoffverbrauch (s. 78) und 2) von der Umsetzung der ersparten Arbeit in Wärme. Ist der Muskel verhindert, mechanische Arbeit zu leisten, so muss die andere Form seiner Kräfteverausgabung: die Wärmeproduktion zunehmen (s. die Bemerkungen über das mechanische Aequivalent der Wärme in 262).

Auch der Nerv erfährt während seiner Thätigkeit eine geringe Temperaturerhöhung (bis zu $^1/_{30}$ ^{0}), wie Valentin am Hüftnerven des Frosches, den er vom Rückenmark aus reizte, und Öhl an Muskeln von Warmblütern mittelst des thermoelektrischen Multiplicators (259) fanden.

88. Muskeltonus.

Man hat angenommen, dass selbst der unthätige Muskel in einer beständigen, jedoch nur schwachen activen, d. h. vom Nerven ausgehenden Contraction begriffen sei. Diesen, von der elastischen, passiven Spannung des Muskels (s. 82) wohl zu unterscheidenden Zustand hat man Tonus genannt und vom Rückenmark abhängig gemacht (Joh. Müller). Heidenhain prüfte den Tonus der Skeletmuskeln experimentell; er mass die Länge eines auspräparirten, durch seinen Nerven mit dem Rückenmark noch zusammenhängenden, Froschmuskels unter einem bestimmten Spannungsgrade (d. h. bei einer gewissen Belastung), durchschnitt sodann den zugehörenden Nerven und schloss aus dem Ausbleiben der Verlängerung nach der Nervendurchschneidung auf die Abwesenheit einer vom Rückenmark ausgehenden beständigen Innervation. Brondgeest glaubt, auf eine vom Rückenmark ausgehende beständige Innervation der Beugemuskeln schliessen zu können. Er trennte in Fröschen das Rückenmark hoch oben und durchschnitt den Plexus ischiadicus der einen Extremität. Wurde dann das Thier am Kopf senkrecht aufgehängt, so waren auf der operirten Extremität alle Gelenke etwas schlaffer und weniger gebeugt.

Es kann wohl nicht auffallen, wenn bei einem so präparirten Thier das Rückenmark Reizen ausgesetzt ist, die eine schwache, anhaltende Verkürzung der Beugemuskeln der Hinterextremität auslösen. Brondgeest leitet diese dem Rückenmark zugeführten Reize von den Hautnerven ab, denn nach Durchschneidung bloss der Hinterwurzeln der untersten Rückenmarksnerven auf der nichtoperirten Seite hörte der Unterschied in der Haltung beider Gliedmaassen auf, eine Erscheinung, die verschiedene, hier nicht weiter zu verfolgende anderweitige Auslegungen fand.

Manchen organischen Muskeln, namentlich den Gefässmuskeln (145), wohl auch den Irismuskeln (355) zum Theil, kann übrigens eine beständige active Contraction nicht abgesprochen werden. Auch gewissen Sphinktermuskeln hat man einen Tonus in obigem Sinne zugeschrieben; die hiefür angeführten Gründe sind aber nicht triftig (s. After- und Harnblasenverschluss). Dagegen sind die Stimmrizerweiterer, wenn wir nicht sprechen, in beständiger aktiver Thätigkeit.

Demnach gehorchen in diesem Betreff die Muskeln überhaupt, ja selbst die Skeletmuskeln insbesondere, keiner durchgreifenden Norm; es gibt Muskelgruppen, die sich dem permanenten Einfluss der Nervencentren entziehen, während andere, wie die mimischen Muskeln des Gesichtes diesem Einfluss, wenigstens im wachenden Zustand immer ausgesetzt sind. Letzteres wird auch dadurch bewiesen, dass bei Lähmung der Gesichtsmuskeln einer Seite das Gesicht nach der entgegengesetzten Seite verzogen ist.

89. Muskelstarre.

Einige Zeit nach dem Tode werden die Muskeln derb und fest und die Glieder nehmen eine halbgebogene Lage an, wobei sie zugleich so widerstandsfähig werden, dass Gewalt nöthig ist, um sie zu strecken. Die Starre beginnt in den Hals- und Kaumuskeln, geht dann über auf die übrigen Gesichtsmuskeln, die oberen Gliedmaassen, den Rumpf und schliesslich auf die unteren Gliedmaassen. Das Herz wird frühe starr. Die Zeitverhältnisse schwanken in hohem Grade. Die Starre beginnt $^1/_4$ bis selbst 18 Stunden und noch später nach dem Tode; ihre Dauer, die durchschnittlich 24—30 Stunden beträgt, kann auf wenige Stunden verkürzt oder auf mehrere Tage verlängert werden. Spätes Eintreten begünstigt im Allgemeinen eine längere Dauer. Die Starre hört in derselben Ordnung auf, wie sie eintrat, d. h. von oben nach unten; die Muskeln erschlaffen sodann und fallen der Fäulniss anheim. Starker Blutverlust, heftige Muskelanstrengung, überhaupt alle Zustände, welche die Muskelkraft herabsetzen (namentlich chronische mit Abmagerung verbundene Krankheiten) veranlassen baldiges Eintreten, kurze Dauer und geringere Grade von Starre, sowie auch frühzeitigen Beginn der Fäulniss; wogegen Muskeln, deren Nerven durchschnitten wurden, nach dem Tod ihre Erregbarkeit länger bewahren und später erstarren als unversehrt gebliebene Muskeln.

Die Haupteigenschaften des starren Muskels sind: Verlust der Reizbarkeit, geringere Dehnbarkeit, unvollkommene Elasticität (der gedehnte starre Muskel nimmt nach Aufhören der Dehnung die frühere Form nicht wieder an); geringere Cohäsion (man kann den starren Muskel leichter als den lebenden zum Zerreissen bringen).

Auch der starre Muskel nimmt Sauerstoff auf und gibt Kohlensäure, sowie (was beim reizbaren Muskel nicht der Fall ist) Stickgas ab, doch ist die Kohlensäureabgabe im Vergleich zur Sauerstoffaufnahme grösser als beim leistungsfähigen Muskel (Valentin).

Der Zustand, in welchen die Muskeln durch Aufhebung der Blutzufuhr (74) gerathen, erinnert an die Todtenstarre. Auch beim Eintauchen in warmes Wasser werden die Muskeln nach Pickford starr und reizlos. Diese Wärmestarre verschwindet aber, unter Wiederherstellung der Reizbarkeit, bald; dessgleichen die durch Abbindung der Blutzufuhr erzeugte Starre, wenn die Ligatur wieder gelöst wird. Die Chloroformvergiftung bewirkt eine rasch eintretende Muskelstarre.

Brücke leitete die Starre ab von einer Gerinnung des vorher flüssigen Syntonin, resp. Myosin, dessen Eigenschaften Kühne näher untersuchte (74).

Die genannten Eigenschaften wechseln übrigens im Verlauf der Starre. Anfangs ist der Muskel, obschon bereits ein wenig steif, noch reizbar. Solche mässige Grade von Starre können, durch Einspritzen von Blut in die Adern, im menschlichen Leichnam selbst 5 Stunden nach dem Tode, vorübergehend wieder beseitigt werden (Brown-Séquard). Schnell eintretende Starre ist mit nachweisbarer Temperaturerhöhung verbunden (Fick).

Legt man um den Oberschenkel des Frosches eine Massenligatur und macht die enthäuteten Muskeln unterhalb der Ligatur durch Eintauchen in warmes Wasser, oder sonst wie, starr, so kann das Oeffnen der Ligatur eine geringe Starre beseitigen. Stärkere Grade der Starre werden durch Einbringen der Muskeln in 10% Kochsalzlösung beseitigt, welche (s. 74) das Myosingerinnsel löst (Preyer).

C. Sensibele Nerven.

90. Leistungen.

Gegenüber den Leistungen der motorischen Nerven sind diejenigen der Empfindungsnerven höchst mannigfaltig. Erregungen der letzteren pflanzen sich gleichfalls fort innerhalb der gereizten Fasern; von diesen aus können die Erregungen schliesslich übertragen werden: 1) auf das Gehirn. Es entstehen Empfindungen und zwar eigentliche (objective) Sinnesempfindungen oder blosse Gemeingefühlswahrnehmungen. 2) Auf die Ursprünge motorischer Nerven. Es erfolgen unwillkürliche Bewegungen (s. Reflexbewegungen, 100).

Die Erregung kann aber auch innerhalb der gereizten sensibelen Faser selbst verbleiben; sie wird weder wahrgenommen als Empfindung, noch schlägt sie um in reflectorische Muskelbewegung, es fehlen also äusserlich wahrnehm-

bare physiologische Effecte der Nerventhätigkeit. Das Geräusch z. B., das uns im Schlafe nicht weckt, versetzt gleichwohl den Hörnerven in Thätigkeit.

Die Physiologie der Empfindungsnerven kann, nach dem über die Nerven überhaupt Vorausgeschickten, ausgesetzt und auf Abschnitt XVI. verwiesen werden.

D. Ernährungseinflüsse des Nervensystems.

91. Mittelbare Einflüsse.

Hieher gehört 1) der Einfluss der Nerven auf die Bewegungen der Organe des vegetativen Lebens. Die vom Nervensystem abhängigen Herz- und Athembewegungen regeln die Geschwindigkeit des Umtriebes des Blutes und die Stärke des respiratorischen Gaswechsels. Die Innervation der Gefässmuskeln ist von Einfluss auf die Blutzufuhr zu den einzelnen Gefässprovinzen u. s. w. Alle diese Bewegungen entsprechen nach Stärke, Häufigkeit, Rhythmik u. s. w. dem jedesmaligen Stoffwechselbedürfniss in normalen Verhältnissen genau, z. B. die Athembewegungen sinken und steigen mit wechselndem Athembedürfniss; die Bewegungen des Nahrungsschlauches stehen in Zusammenhang mit dessen Dauungsthätigkeiten.

2) Einfluss des vom Nervensystem aus regulirten Gebrauches eines Theils auf dessen eigene Ernährung. Der motorische Nerv z. B. wird, indem er die Thätigkeitsgrade des Muskels beherrscht, dadurch mittelbar von Einfluss auf dessen Stoffwechsel. Gelähmte Muskeln verlieren, schon zufolge des Nichtgebrauches, an Umfang; z. B. eine länger bestehende Lähmung des N. facialis einer Seite bedingt eine geringere Völle der entsprechenden Gesichtshälfte.

In allen diesen Fällen betheiligt sich das Nervensystem nur mittelbar an dem Stoffwechsel, jedoch so, dass die betreffenden Wirkungen unter Umständen sehr eingreifende sein können und dass sie in gesetzmässigen Wechselbeziehungen stehen mit den innern Vorgängen des Stoffwechsels selbst.

92. Unmittelbare Einflüsse.

Zu den trophischen Nervenwirkungen im engeren Sinne können vorerst nur wenige Erscheinungen gerechnet werden. Die elektrische Reizung der Speichelnerven ruft plötzlich Speichelabsonderung hervor (164) und zwar selbst nach Unterbindung der betreffenden Arterien. Auch manche Wirkungen von Gemüthsbewegungen gehören wahrscheinlich hierher: z. B. die Thränenabsonderung bei traurigen Vorstellungen, die im Kinde so plötzlich und in solcher Menge auftreten kann, dass sie nicht wohl auf Nebenumstände, wie stärkere Blutzufuhr und Gefässerweiterung zurückzuführen ist. Durchschneidung der Nerven des Samenstranges im Hund führt zu fettiger Entartung des Epitels der Samencanäle des Hodens und Nebenhodens und Abmagerung dieser

Organe (Obolensky). Gewisse krankhafte Ernährungsstörungen scheinen für specifisch-trophische Nervenwirkungen zu sprechen, namentlich die sog. Atrophia neurotica circumscripta, in welcher bei Abwesenheit sonstiger Lähmungserscheinungen, die Ernährung der Weichtheile oder auch der Knochen an einer beschränkten Körperstelle, z. B. einer Gesichtshälfte, bedeutend beeinträchtigt sein kann.

Aerger kann die Verdauung stören (unmittelbarer Nerveneinfluss auf die Secretion des Magensaftes?). Angst ruft Schweiss hervor; die Vorstellung von Speisen vermehrt im Hungrigen den Speichel u. s. w. Nach Durchschneidung des Trigeminus entsteht Entzündung des Auges, nach Trennung der Vagi Lungenentzündung; Wirkungen, die freilich noch nicht befriedigend erklärt wurden und die Manche von blossen accidentellen Ursachen, jedoch mit Unrecht, ableiten. Bei vielen Absonderungen hat übrigens die Durchschneidung oder Reizung der betreffenden Drüsennerven zu negativen Ergebnissen geführt.

Wenn, ganz abgesehen von den Pflanzen, in den niedersten Thieren Zeitlebens, im Ei der höheren Thiere wenigstens in der ersten Zeit, ein lebhafter Stoffwechsel besteht ohne Vorhandensein eines Nervensystemes, so berechtigen diese Thatsachen allerdings nicht zu dem Schluss, dass das Nervensystem, da wo es vorhanden ist, keine »trophische« Wirkungen ausüben könne, wohl aber erschweren sie unsere Vorstellungen über die Specifität dieser Wirkungen in hohem Grade. Ueber die Wirkung der Nerven bei diesen Vorgängen ist vorerst keine weitere Vorstellung möglich, als die in ihrer Allgemeinheit freilich wenig sagende: der Nerveneinfluss modificire entweder die endosmotischen Kräfte der Gewebe derartig, dass der endosmotische Austausch zwischen Blut und Gewebe abgeändert wird, oder er wirke bei der Anregung von Secretionen in der Art, dass in den Drüsenzellen abgelagerte Substanzen löslich und dadurch absonderungsfähig gemacht werden.

E. Leitung der Empfindungs- und Bewegungseindrücke innerhalb der Nervencentren.

93. Faserverlauf im Rückenmark.

Das Rückenmark wird durch die vordere und hintere Medianspalte in eine rechte und linke Hälfte getheilt, deren Verbindung durch die Rückenmarkscommissur hergestellt wird. Jede Seitenhälfte besteht aus einem Vorder-, Seiten- und Hinterstrang, eine Sonderung, die bekanntlich nur an der Oberfläche, nicht aber im Innern bemerkbar ist. Zwischen dem Vorder- und Seitenstrang treten die motorischen, zwischen dem Seiten- und Hinterstrang die sensibeln Wurzeln der Rückenmarksnerven hervor. Der Seitenstrang hat keine besonderen Functionen; mit seiner Vorderhälfte gehört er functionell dem Vorderstrang, mit der Hinterhälfte dem Hinterstrang an. Im Folgenden ist immer nur von zwei, functionell verschiedenen Strängen im eben angedeuteten Sinne die Rede.

Am Querschnitt des Rückenmarks unterscheidet man die aus Nervenfasern bestehende weisse (Rinden-) und die graue (Mark-) Substanz. Die graue Substanz stellt ebenfalls ein durch das Rückenmark verlaufendes, zusammenhängendes Ganze dar. Sie bildet: 1) die Commissur (nur am Grund der vorderen Medianspalte besteht die Commissur auch aus weisser Substanz, in der Fasern beider Seitenhälften sich austauschen). 2) Jederseits die in ihre gleichnamigen Rückenmarksstränge hereinragenden Vorder- und Hinterhörner. Ausser schmalen Nervenfasern enthält die graue Substanz noch Nervenkörperchen und zwar in sehr grosser Menge; diese schicken zahlreiche Fortsätze aus nach Nervenkörperchen derselben und der anderen Rückenmarkshälfte, sowie zu den Fasern der weissen Substanz.

Die Fasern der weissen Substanz sind quere oder longitudinale, zum Hirn aufsteigende. Die Bündel der Querfasern unterbrechen die Längsfaserzüge der weissen Substanz und treten in die Wurzeln der Rückenmarksnerven ein. Die Kenntniss des Verlaufes der Fasern innerhalb des Rückenmarkes, sowie deren Beziehung zu den Nervenkörperchen hat trotz zahlreicher Untersuchungen von Stilling, Schröder v. d. Kolk, Bidder und Kupffer, Clarke, Kölliker u. A. nur geringe Fortschritte machen können. Ein Theil der Fasern der vorderen Nervenwurzeln steigt ohne Zweifel sogleich aufwärts als Längsfasern der Vorderstränge, zum Theil wohl auch, nachdem dieselben die Vorderhörner der grauen Substanz einfach durchsetzt haben, während andere Fasern der Vorderwurzeln die Nervenkörperchen der grauen Substanz aufsuchen und erst durch Ausläufer der letzteren in Längsfasern der Vorderstränge übergehen. Auch die viel zahlreicheren Fasern der hinteren Rückenmarksnervenwurzeln verlaufen zum Theil, ohne in die grauen Hinterhörner einzutreten, in der weissen Substanz der Hinterstränge unmittelbar zum Hirn nach aufwärts; zum grösseren Theil aber strahlen sie büschelförmig nach ab- und aufwärts um sich bald in die Hinterhörner einzusenken. Ihre Beziehungen zu den Nervenkörperchen sind wenig erforscht.

Aus Obigem würde hervorgehen: 1) Nur ein (kleinerer?) Theil der Fasern der Rückenmarksnervenwurzeln geht unmittelbar über in Längsfasern der weissen Rückenmarkssubstanz und von da ohne Unterbrechung bis zum Gehirn, die übrigen Fasern dagegen 2) verbinden sich zunächst mit Nervenkörperchen der grauen Substanz. 3) Diese Nervenkörperchen aber hängen durch ihre Ausläufer wiederum mit Längsfasern zusammen und sind demnach als Verbindungsglieder zwischen den letztern und den peripheren Fasern der Rückenmarksnerven zu betrachten. 4) Die Nervenkörperchen stehen aber auch unter sich nach allen Richtungen hin durch Fortsätze in Verbindung, und zwar unmittelbar oder mittelbar, d. h. durch zwischengelagerte andere Nervenkörperchen. Schon daraus geht die Möglichkeit hervor, dass die Nervenkörperchen auf entfernte Nervenkörperchen der grauen Rückenmarkssubstanz und auf entfernte Nervenfaserursprünge wirken können.

94. Rückenmark als Leitungsapparat.

Die Hauptleistung des Rückenmarkes besteht in der Vermittelung der Leitung zwischen dem Gehirn und den Rückenmarksnerven. Nach vollständiger Querdurchschneidung des Rückenmarkes sind diejenigen Muskeln dem Willens-

einfluss entzogen, und diejenigen Hautstellen unempfindlich geworden, deren Nerven unterhalb der Schnittstelle vom Rückenmark abgehen; unversehrt geblieben sind dagegen die Theile, die von Nerven oberhalb des Schnittes versorgt werden. Die Ausbreitung der Lähmung hängt demnach von der Höhe der durchschnittenen Stelle des Rückenmarks ab.

Ueber die speciellen Wege, in welchen die Leitung im Rückenmark geschieht, sind die Forscher, Magendie, Longet, Fodéra, Deen, Türk, Brown-Séquard, Schiff u. A. keineswegs zu übereinstimmenden Ergebnissen gekommen.

I. Sensibele Leitung. Die Hinterstränge sind sensibel, jedoch in viel geringerem Grade als ihre Nervenwurzeln (Schiff); Manche läugnen ihre Sensibilität vollständig. Die graue Substanz ist unempfindlich (Magendie). Die Quertrennung der Hinterstränge mit Einschluss der grauen Substanz der Hinter- und Vorderhörner, sodass bloss die Vorderstränge unversehrt bleiben, setzt vollständige Empfindungslähmung derjenigen Hautbezirke, welche von Nerven versorgt werden, die unterhalb der Schnittstelle vom Rückenmark abgehen. Dagegen hebt die vollständige Quertrennung der Hinterstränge, ja selbst das Ausschneiden eines Stückes derselben die Empfindlichkeit nicht auf. Durchschneidet man dann nachträglich auch die Seiten- und Vorderstränge und lässt nur noch eine Brücke grauer Substanz übrig (gleichgültig ob in der Commissur, den Hinter- oder Vorderhörnern), so besteht die Empfindungsleitung noch fort und zwar von sämmtlichen Punkten des Hinterkörpers, allerdings in sehr geschwächtem Grad und so, dass die Wirkungen um so langsamer eintreten, je kleiner die Brücke grauer Substanz ist. Dagegen scheint die Empfindungsleitung vernichtet zu sein, wenn nach vollständiger Quertrennung des Rückenmarks (also auch der grauen Substanz) bloss die Hinterstränge unversehrt gelassen werden; Schiff widerspricht übrigens dieser Behauptung, mit der Angabe, dass das Thier noch Berührungen der Haut des Hinterkörpers spüre, wogegen die heftigsten Eingriffe keine Schmerzen mehr auslösen. Es wäre also nur Lähmung des Gemeingefühls, nicht aber der allgemeinen Tastempfindlichkeit vorhanden. Nach Durchschneidung der Hinterstränge, sowie in, dem Grad und der Ausdehnung nach weit gediehenen, Entartungen derselben, ist der Willenseinfluss auf die Muskeln, ja sogar die Kraft der letzteren (in klinischen Fällen wenigstens mit Rücksicht auf den vorhandenen Ernährungszustand) nicht wesentlich beeinträchtigt, wohl aber die regelrechte Ausführung coordinirter Bewegungen, was sich, nach 64, aus der gleichzeitigen Beeinträchtigung der Haut- und Muskelsensibilität genügend erklärt.

Nach Durchschneidung der Hinterstränge treten auffallende Zeichen von Ueberempfindlichkeit ein in den Hautbezirken unterhalb des Schnittes, indem selbst schwache Erregungen der betreffenden Hautstellen Schmerzschrei, Fluchtversuche u. s. w. veranlassen (Brown-Séquard). Nach Durchschneidung bloss eines Hinterstranges beschränkt sich die Ueberempfindlichkeit auf die betreffenden Hautbezirke derselben Körperseite. Diese Ueberempfindlichkeit schwindet nach einiger Zeit und geht in den

entgegengesetzten Zustand über; sie kann also nicht von der Verletzung an sich, sondern nur von einem durch diese veranlassten vorübergehenden Reizzustand abhängen.

II. Motorische Leitung. Der von Deen aufgestellten Behauptung, dass Reizung der Vorderstränge keine Bewegungen der Skeletmuskeln auslöse, tritt neuerdings besonders Vulpian entgegen. In letzterem Fall lässt sich aber schwer entscheiden, ob die ausgelöste Bewegung eine direkte, oder eine durch Reflex vermittelte ist. Reizung der grauen Substanz der Vorderhörner ist ohne Einfluss auf die Skeletmuskeln. Ueber den motorischen Einfluss des Rückenmarks auf die Contraction der Gefässmuskeln s. 146.

Durchschneidung des Rückenmarkes mit Ausnahme der Hinterstränge vernichtet den Willenseinfluss auf die entsprechenden Muskeln. Wird aber das Rückenmark, also auch die gesammte graue Substanz, quer durchschnitten, mit Ausnahme der Vorderstränge, so zeigt das Thier nach einigen Stunden wieder willkürliche Bewegung (Deen). Aber auch die Durchschneidung der Vorderstränge mit thunlichster Schonung der grauen Masse schwächt nur vorübergehend die willkürlichen Bewegungen des Hinterkörpers und zwar scheint jede Stelle des Querschnittes der grauen Substanz auch die motorischen Leitungen vermitteln zu können.

95. Folgerungen über die Leitungen im Rückenmark.

1) Die Vorderstränge leiten die motorischen, die Hinterstränge die sensibelen Erregungen zwischen dem Gehirn einerseits und den Rückenmarksnerven andererseits; aber (in der Regel) nicht unmittelbar, denn zwischen den (meisten) Fasern der Rückenmarksnerven und den Längsfasern der Rückenmarksstränge sind die Nervenkörperchen der grauen Substanz eingefügt. Die graue Substanz selbst leitet sowohl Empfindungen als willkürliche Bewegungen. 2) Die Leitung von einer peripheren Stelle durch das Rückenmark zum Hirn und umgekehrt, ist nicht nothwendig an einen einzigen Weg im Rückenmark gebunden. Das Mark ist eben keine einfache Juxtaposition von Nervenfasern. Dieselbe Stelle des Rückenmarks kann also der Durchgangspunkt von vielerlei Erregungen sein, und man hat es hier mit Leitungen zu thun, die ungleich vielseitiger sind, als die relativ einfache Längsleitung der peripheren Nervenfaser. 3) Unentschieden bleibt aber, ob die Leitung durch das Rückenmark im Normalzustand immer denselben Weg einschlägt und ob andere Wege nur dann aufgesucht werden, wenn der gewöhnliche Weg dauernd d. h. durch Structurveränderung oder vorübergehend (functionell?) unterbrochen ist. 4) Die sensibele Leitung ist nicht nothwendig an die sensibeln Parthien gebunden (die graue Substanz ist unempfindlich), dessgleichen wird die motorische Leitung von Theilen übernommen (graue Substanz und (?) weisse Substanz der Vorderstränge), deren direkte Reizung keine Zuckungen setzt.

Die im Allgemeinen geringen Wirkungen theilweiser Quertrennungen des Rückenmarks erklären sich dadurch, dass, abgesehen von den leitenden

Längsfasern der weissen Substanz und den etwa in den Schnitt fallenden Querfasern eines Nerven, bloss die Nervenkörperchen der Schnittfläche beeinträchtigt werden. — Nach Durchschneidung einer Seitenhälfte des Rückenmarkes zeigt die entsprechende Körperseite weder Empfindungslähmung in den betreffenden Hautbezirken, noch völlige Bewegungslähmung. Es kommt übrigens auf die Höhe der Schnittstelle an (Setschenow). Im Frosch ist die Wirkung auf die willkürliche Bewegung des Hinterbeines um so stärker, je weiter unten der halbseitige Schnitt gemacht wird. Trifft ein solcher das Mark unmittelbar über dem Abgang der Nerven für die hintere Extremität, so ist in letzterer Willensbewegung und Empfindung vernichtet; trifft der Schnitt das Mark in der Höhe des zweiten Wirbels, so ist Willensbewegung und Empfindung des gleichzeitigen Hinterbeines nur etwas geschwächt. — Wird die eine, und etwas weiter oben die andere Seitenhälfte durchschnitten, so ist weder Empfindung noch Bewegung vollständig aufgehoben (Deen). Klinische Erfahrungen führten zu ähnlichen Ergebnissen, die nach dem über das Leitungsvermögen der grauen Substanz Gesagten erklärlich sind. — Theilt man das Rückenmark der Länge nach in der Medianspalte, so ist die Empfindungs- und Bewegungsleitung in jeder einzelnen Rückenmarkshälfte noch möglich. Experimentelle Erfahrungen, welche nur durch die Annahme von Faseraustäuschen zwischen dem rechten und linken Rückenmark erklärt werden könnten, fehlen. Decussationen kommen übrigens, z. B. namentlich in der weissen Commissur bekanntlich vor.

Dass Entartungen eines Rückenmarksstranges, welche die Eintrittsstelle von Nervenwurzeln treffen, Lähmungen der betreffenden Nerven bewirken, versteht sich von selbst; so wird z. B. bei ausgedehnter Zerstörung eines Hinterstranges die Empfindung in einem dem Umfang der Erkrankung entsprechenden Hautbezirke derselben Körperseite vollständig vernichtet.

96. Leitung in den Hirnorganen.

Die grossen Schwierigkeiten, welche der genauen Erforschung der Faserverläufe im Gehirn (hinsichtlich welcher auf die Lehrbücher der Anatomie verwiesen werden muss) entgegentreten, wiederholen sich, wenn das, mit den anatomischen Lehrsätzen nicht selten vorerst unlösbare Widersprüche bietende, physiologische Experiment oder die klinische Beobachtung, speciellere Aufschlüsse geben sollen über die, der Willensbewegung und der Empfindung dienenden Leitungsbahnen im Gehirn.

Bei Reizung sind schmerzhaft: die verschiedenen Kleinhirnschenkel, namentlich die Corpora restiformia (nicht aber die übrigen Theile des verlängerten Markes), ferner Brücke und Grosshirnschenkel, sowie die tieferen Schichten der Streifenhügel (?), Sehhügel und Vierhügel und der Wurm des Kleinhirns. Unempfindlich sind die Hemisphären, sowie die Commissuren (Balken u. s. w.) des Grosshirnes.

Reizung der meisten eben erwähnten sensibelen Hirntheile veranlasst auch Bewegungen und zwar in der Regel in einer Anzahl von Muskeln. So ver-

ursacht z. B. starke Reizung einer Seitenhälfte der Vierhügel heftige allgemeine Muskelkrämpfe, namentlich der gleichnamigen Seite. Damit ist aber nicht gesagt, dass diesen Theilen direkte motorische Erregbarkeit zugeschrieben werden muss. Reizung der Hemisphären des Grosshirns und Kleinhirns verursacht keine Zuckungen. Die Vierhügel wirken auch auf die Iris (356).

Verlängertes Mark. Halbseitige Durchschneidung desselben vernichtet die Empfindlichkeit keineswegs in der Haut des Rumpfes und der Gliedmaassen der gleichen Seite; die Leitung kann also, wie beim Rückenmark, durch die unversehrte andere Hälfte geschehen.

Halbseitige Durchschneidung des verlängerten Markes, der Brücke, Durchschneidung eines Hirnstieles und einiger anderen Hirntheile setzt sogar durch den Reiz (der unteren Schnittfläche) einen Zustand von Ueberempfindlichkeit, ähnlich dem in § 94 Anmerkung erwähnten (Schiff); nach Durchschneidung, oder auch nur Verletzung eines Hirnstieles wird die Haut der Gliedmaassen und des Rumpfes, besonders aber des Kopfes der operirten Seite gegen Reize vorübergehend empfindlicher.

Halbseitige Durchschneidung an der Grenze zwischen verlängertem Mark und Rückenmark wirkt wie die analoge Operation am Rückenmark; wird die Durchschneidung aber weiter oben, gegen die Brücke hin, unternommen, so entsteht (zum Theil nur vorübergehende) Lähmung im Vorderfuss der operirten Seite und bleibende Lähmung im Hinterfuss der anderen. Die Pyramiden zeigen bekanntlich eine theilweise Kreuzung ihrer Fasern; aus obigem Versuch folgt weiter: die Kreuzung der motorischen Leitbahnen der vorderen Extremitäten geschieht an einer höheren Stelle des verlängerten Markes.

Durchschneidung eines Grosshirnschenkels verursacht Schwächung der Muskeln (namentlich der Gliedmaassen) der entgegengesetzten Körperseite.

Affectionen einer Seitenhälfte des mittleren Theiles der Brücke lähmen im Menschen die Gliedmaassen der entgegengesetzten Seite. Blutergüsse in die Seh- und Streifenhügel haben denselben Erfolg. In vielen Fällen von Erkrankungen einer Grosshirnhemisphäre entsteht Willenslähmung der Muskeln und mehr oder weniger auch der Sensibilität der Haut der entgegengesetzten Körperseite. Diese Lähmung kann aber nicht eine unmittelbare Folge der Affection der Hemisphäre selbst sein, da in zahlreichen anderen Fällen von Blutergüssen, Tuberkelbildungen u. s. w. in diesem Hirntheil die Willenslähmung fehlt; die Ansicht Lussana's scheint desshalb begründet, dass Krankheiten der Grosshirnhemisphäre nur durch Druck auf den Seh- und Streifenhügel lähmend wirken. Auch folgt nach Ausschneidung einer Grosshirnhemisphäre keineswegs Lähmung der entgegengesetzten Körperseite. Bei Meerschweinchen fand Renzi eine motorische Halblähmung der nicht-operirten Seite. Stärkere Verletzung einer Seitenhälfte des Kleinhirns schwächt die Muskeln bald derselben, bald der anderen Seite; Lähmung tritt aber nicht ein. Halbseitige Erweichung des Kleinhirns im Menschen bewirkt eine geringe Schwäche der Muskeln derselben Seite, sehr selten aber Lähmung. Exstirpirt man das Kleinhirn, so treten Gleichgewichtsstörungen, unsicherer Gang u. s. w. ein, die sich aber nach einigen Tagen wieder verlieren.

Ein Querschnitt durch das Gehirn des Frosches zwischen Vierhügel (Lobi optici) und Kleinhirn verhindert das Kriechen nicht, wohl aber ein Querschnitt an der unteren Grenze des Kleinhirns. Demnach liegt das Coordinationscentrum für die Bewegungen der Extremitäten oberhalb dieser Stelle (Setschenow).

Noch schwieriger sind die Leitungsbahnen für die sensibelen Erregungen im Gehirn festzustellen. Ausschneidung des Kleinhirn's beeinträchtigt die Sensibilität der Haut keineswegs; ebensowenig Affectionen der Seh- und Streifenhügel. Trotz der Abtragung des Gross- und Kleinhirns, des Streifen- Seh- und Vierhügels verursachen heftige Eingriffe auf die Haut immer noch starke Reactionen, die als Zeichen von Schmerz zu deuten sind; wird dagegen die Brücke abgetragen, so sind diese Reactionen viel schwächer.

97. Zwangsbewegungen.

Verletzung gewisser Hirntheile, in der Regel bloss auf einer Seite, veranlasst einseitige Bewegungen und zwar, je nach dem Ort der Verletzung, nach bestimmten Richtungen. Diese, zuerst von Pourfour du Petit beobachteten, von Magendie, Schiff u. A. näher untersuchten Erscheinungen erfolgen entweder unwillkürlich, in Form stürmischer unaufhaltsamer Bewegungsanfälle, oder treten erst ein, wenn die Thiere die Absicht haben, eine Bewegung zu vollführen. Die Verletzung veranlasst ungleiche Thätigkeit der Muskeln beider Körperhälften, zum Theil auch Lähmung oder Halblähmung, sodass das Thier die kranken Gliedmaassen nachschleppt. Die Hauptformen sind: 1) Schnelles Wälzen des Körpers um dessen Längsaxe. Nach Durchschneidung des mittleren Kleinhirnstieles einer Seite oder, noch stärker, eines Seitentheiles der Brücke, erfolgt die Drehung von der gesunden Seite gegen die verletzte und hört auf, wenn eine entsprechende Verletzung auf der anderen Seite angebracht wird. Aehnlich wirkt auch die Verletzung eines Sehhügels oder Hirnschenkels; doch ist die Drehung gegen die gesunde Seite gerichtet. 2) Kreisbewegungen (Reitbahnbewegungen) werden hervorgebracht ebenfalls nach Verletzung eines Hirnstiels, oder der tieferen Schichten des Sehhügels. Es entsteht eine Halblähmung der Muskeln der entgegengesetzten Körperseite und Reitbahnbewegung, meistens nach der verletzten Seite hin (Lussana). Ausschneidung eines sog. Lobus opticus (Zweihügels) im Frosch wirkt analog. S. auch 342. 3) Hastige Vorwärtsbewegung tritt ein, wenn nach Abtragung der Hirnhemisphären im Kaninchen beide Streifenhügel ausgeschnitten werden. Rückwärtsbewegung erfolgt unter Umständen nach Abtragung des Kleinhirns.

98. Folgerungen über das Leitungsvermögen im Gehirn.

Die Nervenfasern der leitenden Basaltheile des Gehirnes sind nur zum kleinsten Theil unmittelbare Fortsetzungen der Fasern des verlängerten Marks, resp. Rückenmarkes; grossentheils entstehen sie unterwegs aus den Nerven-

körperchen der grauen Substanz jener Organe. Diese Theile functioniren nicht bloss als Conductoren, sondern auch als Centralorgane, so zwar, dass die höher gelegenen zunehmend wichtigere, verwickeltere Verrichtungen ausüben.

Die Leitung der sensibelen Erregungen erfolgt im peripheren Nervensystem nach einfachen Gesetzen, in der Längsrichtung der Nervenfasern und beschränkt auf diejenigen Nervenfasern, deren Enden erregt wurden. Schon im Rückenmark wird die Leitung verwickelter, die Wege, welche die Erregung einschlägt oder doch einschlagen kann, sind mannigfaltiger. In den leitenden Basaltheilen des Gehirns werden sodann die elementaren Erregungen umgesetzt in Processe höherer Dignität: in Empfindungen, wie z. B. die Schmerzhaftigkeit starker Eingriffe in die Haut, die noch nach Abtragung des ganzen Gross- und Kleinhirns besteht (§ 516), beweist. Diese »Empfindungen« sind aber rudimentärer Art; ihre Verarbeitung zu »bewussten Empfindungen«, zu »Wahrnehmungen« erleiden sie erst, wenn die Erregung den Grosshirnhemisphären mitgetheilt wird.

Ebenso verhält es sich mit den Bewegungen. Das Grosshirn, als Organ der höheren Seelenvermögen, schickt die Antriebe aus zur Willensbewegung; dadurch werden zunächst die Streifen- und Sehhügel erregt, von wo aus die Leitung durch die Grosshirnschenkel und Brücke zum verlängten Mark und Rückenmark erfolgt. Aber diese Basalttheile sind auch motorische Centren, welche die Coordination der Muskeln zu einheitlichen Bewegungen, ganz unabhängig vom Grosshirn besorgen; nach Entfernung des letzteren hält sich das Thier noch im Gleichgewicht, oder es vollführt, wenn es gestossen wird, einige Schritte. Der Willensreiz ist also nur einer der Reize, welche jene motorischen Bewegungscentren in Thätigkeit versetzen können.

Die leitenden Organe im Rückenmark und Gehirn sind somit keine einfachen Conductoren der Erregungen, sondern sie vollführen, je näher sie dem Grosshirn liegen, Functionen von innerer höherer Dignität.

Die Durchschneidung oder Zerstörung von Hirnorganen liefert beachtenswerthere Resultate als die Reizungsmethode.

F. Reflexerscheinungen.

99. Definition.

Unter nervösem Reflex versteht man die durch ein Centralorgan vermittelte Uebertragung der Erregung peripherer Nervenfasern auf anderweite periphere Fasern, und zwar 1) die reflectirte Muskelbewegung, die als kurze Zuckung oder anhaltender Tetanus der Muskeln auftritt, 2) die reflectirte Muskelerschlaffung, 3) die durch Reflex vermittelte Herabsetzung oder Sistirung periodischer Bewegungen, z. B. der Herzschläge, 4) die nach Reizung sensibeler

Nerven eintretende Mehrung oder Minderung von Secretionen, 5) die (296 erwähnten) Mitempfindungen.

Die Reflexbewegungen, die wichtigsten und häufigsten der hierher gehörenden Erscheinungen, sind unwillkürliche Bewegungen, zufolge von Uebertragung gewisser Erregungen sensibeler Nerven auf motorische, vermittelst eines nervösen Centralorgans (Prochaska, Hall, Joh. Müller). Hieher gehört z. B. das Zurückziehen des Armes nach Stechen des Fingers, die Zusammenziehung der Kreisfasern der Iris nach Lichtreiz, das tiefe Einathmen nach Eintauchen einer Hautstrecke in kaltes Wasser, der Husten (Ausathmungsbewegung) nach Reizung der Kehlkopfschleimhaut u. s. w.

Zur vergleichenden Messung des Reflexvermögens taucht Türck eine Hinterpfote eines senkrecht aufgehängten enthirnten Frosches in höchst verdünnte Schwefelsäure und bestimmte die Zeit, wann die Reflexbewegung beginnt.

100. Die drei Stadien der Reflexbewegung.

I. Reizung des sensibelen Nerven und zwar vorzugsweise an der Peripherie; viel weniger wirksam ist die Ansprache des Nerven in dessen Verlauf. Bestimmte Körperstellen, in Erregung versetzt, lösen besonders leicht Reflexbewegungen aus; z. B. von Hautbezirken: Fusssohle, Handteller, Gesicht, After- und Achselgegend; von Schleimhäuten namentlich Nasenhöhle, Kehlkopf und Conjunctiva. Von anderen Körperstellen aus können keine Reflexbewegungen ausgelöst werden, z. B. von den Muskeln einer enthäuteten Extremität.

II. Erregung des Reflexcentrums. Das Mittelglied der Reflexbewegung ist immer ein nervöser Centraltheil; wird derselbe zerstört, so ist keine Reflexbewegung mehr möglich. Als Reflexcentren functioniren: 1) Gewisse Gehirnorgane, z. B. das verlängerte Mark (Reflexe auf die Athemmuskeln) oder die vorderen Vierhügel (Pupillenbewegung, s. 356 und 357). 3) Das Rückenmark. Es vermittelt die meisten und, wegen seiner zahlreichen Nerven, ausgebreitetsten Reflexe. Selbst Bruchstücke des Rückenmarkes können als Reflexcentren dienen und zwar: a) einzelne Stücke, der Quere nach ausgeschnitten (Schlangen und Tritonen eignen sich besonders zu solchen Versuchen); b) eine Seitenhälfte, bei Längsspaltung des Rückenmarkes in der Medianebene. In beiden Fällen muss aber die graue Substanz wenigstens theilweis erhalten sein. c) Wird die weisse Masse der Quere nach vollständig getrennt, so vermittelt die übrigbleibende Brücke grauer Substanz noch den Reflex, und zwar vom Hintertheil nach vorwärts und umgekehrt. Die graue Substanz, resp. deren Nervenkörperchen, ist somit das wahre reflectirende Organ und zwar im Rückenmark, wie in den übrigen reflectirenden Centraltheilen.

Macht man im Frosch einen halbseitigen Schnitt z. B. durch die linke Rückenmarkshälfte unterhalb des Armnerven und sodann eine vollständige Quertrennung im Gehirn, so richtet sich die Ausbreitung der Reflexbewegung nach der Höhe des Schnittes im Gehirn (Setschenow). a) Fällt der Querschnitt in das hintere Ende der Rautengrube, so erhält man nach Reizung des linken Beines Reflexe in beiden Beinen, nicht aber im linken Arm. Nach Reizung des linken Armes ist der Reflex auf das linke Bein.

oder auf beide Beine, kein beständiger. b) Fällt der Querschnitt in das verlängerte Mark, so macht Reizung des linken Beines keinen Reflex auf den linken, öfters aber auf den rechten Arm. Reizung des linken Arms aber macht Reflexe auf beide Beine, besonders das linke. c) Fällt der Querschnitt zwischen Kleinhirn und Vierhügel, so hindert meistens die halbseitige Rückenmarksdurchschneidung die allseitige Ausbreitung der Reflexe nicht mehr; also liegt an dieser Stelle das hintere Ende der Theile des Hirns, wohin die von der Haut Eines Beines sich fortpflanzende sensitive Erregung gelangen muss, um auf die Muskeln aller 4 Extremitäten reflectirt zu werden.

III. Erregung motorischer Nerven. Zwischen dem Beginn der Reizung des sensiblen Nerven und der Muskelzuckung liegt ein kleiner Zeitraum, der oft ohne genauere chronoskopische Hülfsmittel merklich wird. Im Vergleich zur primären sensibeln Reizung sind die ausgelösten Reflexbewegungen stark, d. h. schwache Erregung weniger sensibelen Fasern löst verhältnissmässig starke Erregung vieler Muskeln aus.

101. Grade und Formen der Reflexbewegung.

Von Einfluss sind:

1) Stärke und Qualität des Reizes. Mit steigender Grösse des Reizes nehmen auch die Reflexbewegungen zu. Schnell sich wiederholende, also intermittirende, Reize, z. B. Kitzeln, sind besonders wirksam.

2) Der Ort des Reizes. Die Muskeln der vom Reiz getroffenen Körperseite sind bevorzugt und zwar a) gerathen sie oft allein in Zuckungen, oder b) ihre Bewegungen sind, bei beiderseitigen Reflexen, doch stärker und erstrecken sich c) auf eine grössere Zahl von Muskeln, sowie d) auf der anderen Körperseite keine Muskeln zucken, welche nicht auch auf der Seite des Reizes thätig sind. Auch zieht Reizung bestimmter sensibeler Flächen Reflexe in bestimmten Muskelgruppen nach sich; z. B. der Schleimhaut des Kehlkopfes: Hustenbewegungen; der Conjunctiva: Augenlidschluss.

3) Erregbarkeit der Reflexcentren: Dieselbe wechselt vielfach, sogar in demselben Individuum, sowie auch in Individuen derselben oder verschiedener Species. In Krankheiten kann sie abnorm gesteigert sein; am stärksten in der Strychninvergiftung, in welcher schon leise Berührung der Haut starke und allgemeine Reflexkrämpfe auslöst.

Das Gift erhöht keineswegs die Erregbarkeit der sensibelen und motorischen Nerven selbst, denn nach Durchschneidung motorischer Nerven eines vergifteten Frosches bleiben die resp. Muskeln schlaff, während alle anderen in Krämpfe verfallen.

4) Die der Reflexbewegung entgegenwirkenden Ursachen. Bevor der Mechanismns der Reflexbewegung genügend erforscht ist, dürfen wir eine Reihe negativwirkender Momente den die Reflexbewegung positiv begünstigenden (s. oben 3) entgegenstellen, wenn auch die Unterscheidung vorerst eine bloss äusserliche ist und nicht auf inneren Verschiedenheiten der wirkenden Ursachen beruht. Manche Einflüsse wirken sogar, je nach Umständen, reflexerhöhend oder reflexhemmend. Schwache chemische oder elektrische Reizung des Rückenmarkes erhöht häufig das Reflexvermögen (Setschenow), während stärkere Grade desselben Reizes den Reflex herabsetzen, wohl in Folge der Schwä-

chung des Rückenmarkes überhaupt (Herzen). Viele Narcotica (Opium) setzen die Reflexthätigkeit, nach kurzer Steigerung, definitiv herab.

Der Wille vermag die Reflexbewegungen zu unterdrücken oder doch deren Stärke herabzusetzen. Wir halten z. B. Kitzel der Haut ruhig aus, während Reflexzuckungen sogleich eintreten, wenn der Kitzel uns unvorbereitet überrascht. Die Reflexbewegungen erfolgen sogar noch leichter als gewöhnlich, wenn der Willenseinfluss aufgehoben ist; nach Abschneiden des Kopfes (namentlich in Kaltblütern), nach Abtragen des Grosshirnes, im Schlaf, in Hirnkrankheiten mit vollkommenem Verlust des Bewusstseins, in Rückenmarkslähmungen. Das unterhalb der erkrankten Stelle liegende Rückenmarksstück wirkt dann noch als reflectirendes Centralorgan; so kann z. B. bei vollständiger Lähmung der Empfindung und Willensbewegung der unteren Gliedmaassen Kitzel der Fusssohle reflectorische Zuckungen in den Muskeln des Beines auslösen.

Die Reflexverstärkung nach Beseitigung des Gehirns ist noch nicht genügend erklärt. Nach Setschenow existiren im Gehirn Organe, deren Reizung direkt reflexhemmend wirkt und zwar im Frosch in den Lobi optici und weiter vorwärts in dem rhomboidalen Raum zwischen diesen und den Grosshirnbläschen. Reizt man diese elektrisch oder schwach chemisch (mit Blut, Galle), so nehmen die Reflexbewegungen ab und zwar geht dieser Abnahme nicht etwa, wie beim Rückenmark ein Stadium erhöhter Reflexempfindlichkeit voraus. Daraus möchte Setschenow auf eine direkte reflexhemmende Wirkung in Folge von Erregung jener Hirntheile schliessen. Schiff und Herzen führen diese Erfahrungen, die sich leicht und sicher constatiren lassen, auf die allgemeine Thatsache zurück, dass überhaupt intense Reize sensibeler peripherer oder der sensibelen Leitung dienenden centraler Nervenfasern die Reflexbewegung herabsetzt.

102. Zweckmässigkeit der Reflexbewegung.

Die Reflexbewegungen bieten den Charakter der Zweckmässigkeit, z. B. Hustenbewegung nach Reizung der Kehlkopfschleimhaut, Augenlidschluss nach Reizung der Conjunctiva. Man nimmt an, das specielle Reflexcentrum sei so gebaut, dass Reizung einer bestimmten sensibelen Stelle mit Nothwendigkeit in Erregung gewisser motorischer Fasern umschlägt, und dadurch eine einheitliche Bewegung auslöst. Ein solcher Mechanismus bedarf weder der bewussten Mitwirkung der Seele, noch vorhergegangener beabsichtigter Muskelübung, wie die Reflexbewegungen des Fötus und Neugeborenen überzeugend beweisen; er ist von vornherein so eingerichtet, dass er in das Getriebe der Verrichtungen, namentlich der vegetativen, vollkommen passt und zu deren Schutz wirksam dient. Scheinbar anders verhält es sich bei manchen anderen, namentlich den vegetativen Funktionen nicht angehörenden Reflexbewegungen. Ein geköpfter Frosch, dessen Hinterfuss mit einer Säure berührt wird, macht mit dem andern Hinterfuss hastige Anstrengungen zum Wegwischen der Säure, wobei bestimmte Muskeln verwendet werden. Nach Durchschneidung der Nerven dieser Muskeln werden andere Muskeln in Anspruch genommen (Pflüger). Hat schon das erste Wegwischen das Ansehen einer gewissen »Ueberlegung«, so liegt im zweiten Fall eine solche Annahme scheinbar noch näher. Aber alle

diese Bewegungen, und das ist charakteristisch für dieselben, geschehen unwillkürlich.

103. Reflexerschlaffung.

Die Reizung sensibeler Nerven kann auch zu plötzlicher Erschlaffung vorher verkürzter Muskeln führen. Beispiele dieser, neben der Reflexzusammenziehung weniger beachteten, Reflexphänomene sind die Entleerung von Koth und Urin, bei stärkerer Ansammlung derselben in ihren Behältern, z. B. in Folge plötzlicher Reizung der Haut (kaltes Wasser u. s. w.); dieselben sind oft genug ausschliessliche Folge von Erschlaffung der Sphincteren. Ebenso lassen nach unvermutheten sensibelen Eindrücken Spannungen von Skeletmuskeln nach, wobei durchaus nicht immer deren Antagonisten in active Thätigkeit zu kommen brauchen (z. B. Fallenlassen eines zwischen den Fingern gehaltenen Objectes).

Der Herzstillstand bei der Vagusreizung (134), sowie die Hemmung anderer periodischen automatischen Bewegungen und die § 145 und 146 betrachteten Erscheinungen bilden eine besondere Classe von Reflexerschlaffungen.

104. (Anhang.) Automatische Bewegungen.

Die bisher betrachteten Muskelbewegungen erfolgen auf äussere Reize; die Reize treffen 1) die motorischen Nerven, resp. deren Centralorgane oder 2) einen sensibelen Nerven, um auf dem Wege des Reflexes Muskelverkürzungen einzuleiten. Ohne Anwesenheit solcher äusseren Reize bleibt der Muskel ruhig. Es gibt aber Bewegungen, welche 1) entweder ohne nachweisbare äussere Reize erfolgen und fortdauern, oder 2) von äusseren Reizen nur insoferne abhängig sind, als die letzteren den einmal vorhandenen, dem Organ eigenthümlichen Bewegungs-Rhythmus bloss abändern können. Hieher gehören z. B. die Pulsationen des Herzens, die auch nach Entfernung desselben aus dem Körper und bei möglichster Abhaltung der bekannten Nerven- und Muskelreize noch einige Zeit fortdauern. Solche scheinbar spontane Bewegungen werden mit dem Namen der automatischen bezeichnet.

V. Thierische Elektricität.

105. Vorbemerkungen.

Die entfernten Ursachen der Elektricitätsentstehung sind bekanntlich sehr mannigfaltige: Reibung, blosse Berührung ungleichartiger Körper, chemische Prozesse, Wärme u. s. w. Galvani (1791) schrieb den Muskeln und Nerven das Vermögen der Elektricitätsentwickelung zu, wobei er sich zunächst auf den, aus den Elementarlehren des Galvanismus bekannten, von ihm jedoch nicht

richtig gedeuteten, Grundversuch am Froschpräparat stützte. Das Vorhandensein elektrischer Ströme im Nerven und Muskel und deren Abänderungen unter bestimmenden Umständen wurde in umfassender Weise erst von Dubois-Reymond bewiesen. Die Ströme dürften vorzugsweis, wenn nicht ausschliesslich, von chemischen Umsetzungen in der Muskel- und Nervensubstanz abzuleiten sein; es kann desshalb nicht auffallen, dass sie, wie namentlich Valentin hervorhob, selbst nach dem Aufhören der Nerven- und Muskelreizbarkeit, in der Regel allerdings in sehr gemindertem Grad, unter Umständen noch fortbestehen, als Ausdrücke gewisser Molekularzustände jener Gewebe, die theilweis noch vorhanden sind, wenn diejenigen Eigenschaften derselben, die wir als »physiologische« im engeren Sinn betrachten, bereits geschwunden sind. L. Hermann suchte sogar unlängst zu zeigen, dass die elektrischen Ströme der Nerven und Muskeln lediglich das Resultat künstlicher durch die Versuchsbedingungen herbeigeführter Veränderungen der von Schicht zu Schicht absterbenden Gewebe seien und demnach in dem lebenden Organismus gar nicht existiren.

Die elektrischen Ströme dürfen als beachtungswerthe Zeichen innerer Zustände der Nerven und Muskeln auch dann noch gelten, wenn die Erfahrungen sich immer mehr häufen, welche einen unmittelbaren Zusammenhang der Ströme mit den physiologischen Leistungen der Nerven und Muskeln weniger wahrscheinlich machen.

106. Die zwei Formen der Elektricität.

I. Ruhende Elektricität. Wird z. B. ein Metallstück in Wasser getaucht, so ist das freie Ende desselben —, das Wasser aber + elektrisch. Zwischen Wasser und Metall besteht daher eine elektrische Differenz, und als Ursache derselben sieht man die zwischen ihnen thätige elektromotorische Kraft an. Beide Elektricitäten des Wassers und des Metalls zeigen ausserdem eine, nach Umständen verschiedene Dichte (Spannung). Letztere ist stärker wenn z. B. Zink, schwächer wenn Platin eingetaucht wird. Senkt man zwei Metalle ein, so bestimmt der stärkere Elektromotor die Elektricitätsvertheilung; das freie Zinkende, Figur 8, ist — (Minuspol), das Platinende + elektrisch (Pluspol). Diese Anordnung heisst »einfache offene Kette«. Die Verbindung mehrerer oder vieler einfachen Ketten stellt die »zusammengesetzte offene Kette« dar, an deren beiden Polen die elektrische Spannung viel grösser ist.

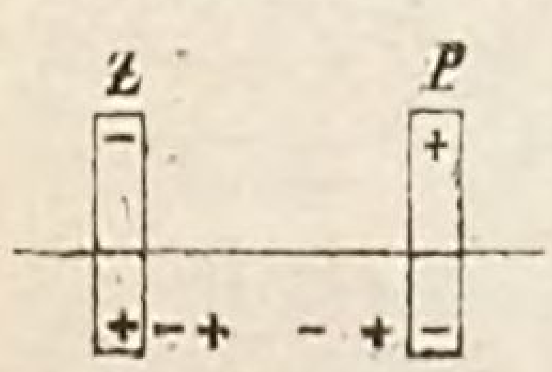


Fig. 8.

II. Strömende Elektricität. Verbindet man die beiden Pole der Kette durch einen Elektricitätsleiter, z. B. einen Metalldraht m (Figur 9), so ist die Kette »geschlossen«. Die elektrische Differenz von Z und P gleicht sich durch den Leiter m aus. Dieser Ausgleichung folgt aber augenblicklich eine Wiederherstellung der elektrischen Spannung durch die stetig wirkende elektro-

motorische Kraft. Beide Zustände wechseln beständig aufs Schnellste mit einander ab und man bezeichnet den Vorgang als »constanten elektrischen Strom«. Derselbe besteht so lange, als die Kette, durch Draht *m*, geschlossen bleibt; während seiner Dauer vermag er mannigfache Wirkungen auszuüben, z. B. chemische Zersetzungen (Elektrolyse). Es

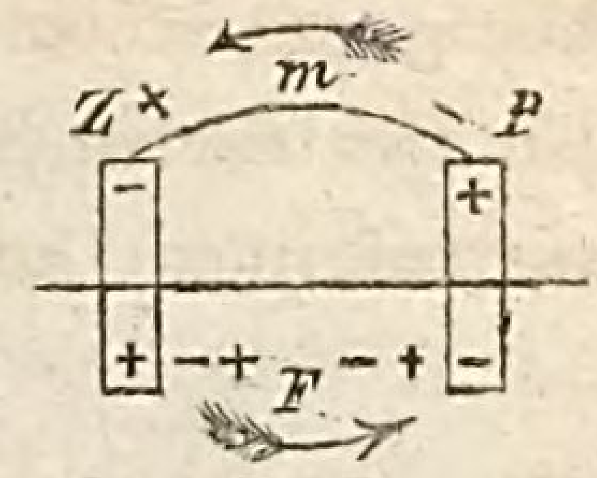


Fig. 9.

geht, Figur 9, in der Richtung des Pfeiles ein positiver Strom vom Platin durch *m* zum Zink und von diesem durch die Flüssigkeit *F* zum Platin; umgekehrt gerichtet ist der negative Strom. Unter Strom schlechthin versteht man immer den positiven. Die »Elektricitätsmenge«, die durch den Schliessungsbogen *m* in der Zeiteinheit durchgeht, ist das Maass der Stromstärke. Die Stromstärke (und damit auch die Wirkungen des Stromes, z. B. die Elektrolyse) wächst 1) mit Zunahme der elektromotorischen Kraft, (z. B. in einer zusammengesetzten Kette) und 2) mit Abnahme der Leitungswiderstände im Schliessungsdraht und in der Flüssigkeit. Je kürzer und dicker der Schliessungsdraht und je besser die Substanz desselben die Elektricität leitet, je grösser ferner der Querschnitt der Flüssigkeit, durch die der Strom sich bewegt, desto geringer sind die Leitungswiderstände. Metalle sind bekanntlich die besten Leiter, unendlich bessere, als z. B. Wasser, oder die, letzterem ziemlich nahe stehenden, feuchten thierischen Theile.

107. Galvanometer.

Zur Nachweisung elektrischer Ströme dient eine zwischen wohl isolirten Windungen eines Kupferdrahtes aufgehängte Magnetnadel. Ein Strom, der durch einen Metalldraht geht, lenkt eine Magnetnadel, die über oder unter dem Draht hängt, ab. Die Ablenkung nimmt zu mit zunehmender Stromstärke und der rechte Winkel ist die Grenze dieser Ablenkung. Das Galvanometer dient also zur Messung der relativen Stärke, ausserdem aber noch zur Bestimmung der Richtung des Stromes. Stellt man sich nämlich vor, man schwimme im + Strom, den Kopf voran und das Gesicht der Nadel zugewendet, so wird immer der Nordpol der Magnetnadel nach der linken Seite des Schwimmers abgelenkt. Der in der Richtung der Pfeile (Fig. 10) durch den Draht geschickte Strom muss demnach die in der Papierebene liegende Nadel *s n* so ablenken, dass

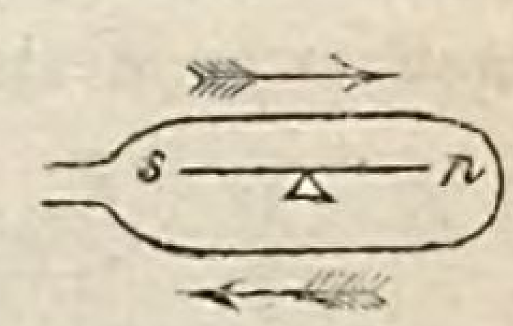


Fig. 10.

deren Nordpol *n* hinter diese Ebene zu stehen kommt. Die zwei entgegengesetzten Stromrichtungen in den beiden Drahtschenkeln verstärken, dem Gesagten zufolge, die Wirkung des Stromes auf die Nadel. Letztere ist aber unter dem Einfluss des Erdmagnetismus, also mit einem Pol nach Nord, dem andern nach Süd gerichtet; schwache Ströme bewirken daher keine genügend grosse Ablenkung der Nadel. Zur Verstärkung benutzt man zwei Mittel: 1) der Draht erhält viele Windungen um die Nadel; letztere ist also gewissermaassen ebenso vielen Einzelströmen ausgesetzt; 2) die sogenannte astatische Vorrichtung,

bestehend in einer Verbindung zweier möglichst gleich starker Nadeln. Der Nordpol der einen liegt über dem Südpol der anderen (Figur 11). Beide Nadeln werden durch ein Zwischenstück verbunden. Das Nadelpaar nimmt nunmehr keine bestimmte Richtung an und kann demnach durch ausserordentlich schwache Ströme abgelenkt werden. In Figur 11 wirkt der zwischen den Nadeln durchgehende Strom auf beide Nadeln in gleichem Sinne ablenkend (nämlich Nordpol der oberen und Südpol der unteren Nadel vor die Papierebene). Der unten zurückkehrende Strom wirkt in gleichem Sinne auf die untere Nadel; die entgegengesetzte Wirkung desselben auf die obere Nadel kommt, wegen ihres grösseren Abstandes, nicht in Betracht.

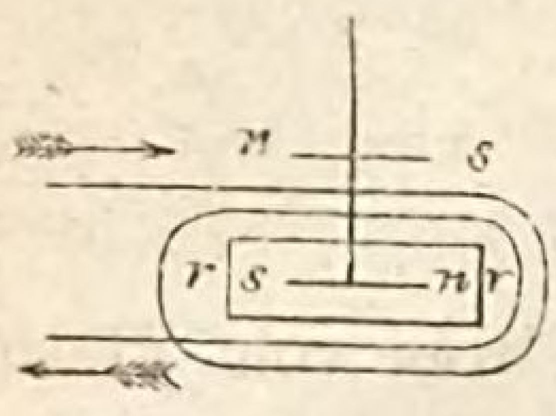


Fig. 11.

Der Draht ist um ein Rähmchen *rr* (Fig. 11) gewunden; zu physiologischen Zwecken sind wegen der Schwäche der betreffenden Ströme mehrere tausend Drahtwindungen nöthig. Zur Isolation der Ströme der Einzelwindungen ist der sehr feine Draht mit Seide umsponnen. Das senkrechte Verbindungsstück beider Nadeln liegt in einem Schlitz des Rähmchens. Die untere Nadel spielt innerhalb des Rähmchens, die obere über den Windungen und bewegt sich über einer Kreiseintheilung (Figur 12); sie steht auf dem Nullpunkt, wenn entweder kein Strom durch den Draht geht, oder 2 entgegengesetzt gerichtete aber gleichstarke Ströme. Dagegen bewegt sich die Nadel nach der einen oder anderen Seite aus ihrer 0 Lage, je nachdem der Strom die eine oder die andere Richtung hat.

Vor dem Galvanometer bietet die in neuester Zeit eingeführte Spiegelbussole manche Vorzüge. Hier wird die richtende Wirkung des Erdmagnetismus auf den, wiederum zwischen Drahtwindungen hängenden einfachen Magneten mittelst eines passend gelagerten Correctionsmagneten beseitigt. Steht nämlich der N-Pol des letzteren über dem N-Pol des Magnetes, so dreht sich dieser um 180°. Diese Drehung wird aber um so geringer, je mehr beide Magnete von einander abstehen. Bei einem passenden Abstand hat der Magnet gerade nur ein Minimum seiner ursprünglichen Directionskraft, sodass er selbst durch die allerschwächsten Ströme abgelenkt und dadurch in hohem Grade freibeweglich gemacht werden kann. Der schwingende Magnet macht nur kleine Excursionen, welche mittelst Scala und Fernrohr an einem Spiegel abgelesen werden, welchen der zur Aufhängung des Magneten dienende Bügel trägt.

108. Nachweisung der physiologischen Ströme.

Dubois-Reymond bringt die thierischen Theile in folgender Weise mit dem Galvanometer in Verbindung: Zwei kleine Behälter, die sog. Zuleitungsgefässe, von amalgamirtem Zink, welche auf einer die Elektricität isolirenden Unterlage ruhen, sind je mit einer Messingschraube *m* versehen zur Befestigung der beiden Enden des Galvanometerdrahtes *d*. Die Zuleitungsgefässe enthalten Zinkvitriollösung; zwei Bäusche *b* von Filtrirpapier, die mit dieser Lösung imbibirt sind, ragen über den Rand der Gefässe hervor. Beide Bäusche werden durch den ebenfalls feuchten Schliessungsbausch *s* verbunden; der Galvanometerkreis ist jetzt geschlossen, die Nadel *ns* in ihrer Gleichgewichtslage und steht auf Null. Bringt man an die Stelle des Schliessungsbausches einen schwachen Elektromotor, z. B.

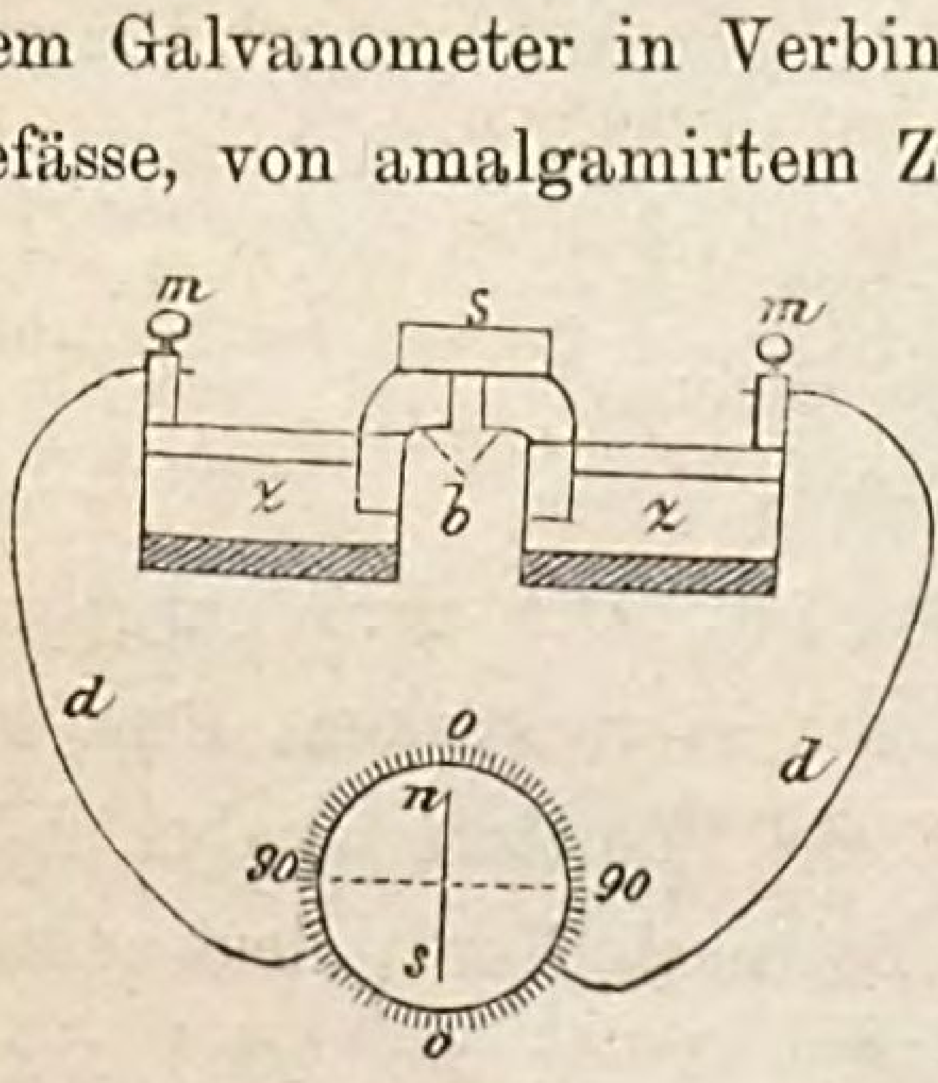


Fig. 12.

Muskel, so weicht die Nadel ab, und gibt zugleich, je nachdem die Abweichung in den rechten oder linken Quadranten erfolgt, die Richtung des Stromes in dem zwischen den Bäuschen liegenden Muskel an.

Die Ausschläge der Galvanometernadel sind übrigens keineswegs Ausdrücke für die wirkliche Stärke der in dem aufgelegten Muskel oder Nervenstück entwickelten Ströme, sondern der Galvanometerdraht stellt nur eine Nebenschliessung dar, durch welche sich ein kleiner Theil der in den thierischen Elektromotoren entwickelten Ströme abzweigt.

109. Ströme im unthätigen Nerven und Muskel.

Der erschlaffte Muskel und die Nerven in dem Zustand, wo sie weder Empfindung noch Bewegung vermitteln, zeigen an bestimmten Stellen elektrische Gegensätze (Matteucci, Dubois-Reymond). Wird desshalb ein Muskel oder Nerv in den Galvanometerkreis eingefügt, so weicht die Nadel ab, indem ein Strom: der sog. ruhende Nerven- oder Muskelstrom, den Galvanometer durchfliesst. Dubois unterscheidet: 1) Relativ starke Ablenkungen. Der Muskel wird auf einen Bausch mit dem Querschnitt, auf den anderen Bausch mit einer Stelle seiner Oberfläche (Längsschnitt) gelegt, Figur 13, dann geht der Strom von der Oberfläche durch das Galvanometer g zum Muskelquerschnitt, also im Muskel selbst vom Querschnitt zur Oberfläche. Es ist demnach jedwede Stelle der Oberfläche + elektrisch gegenüber jedweder Stelle des Querschnittes. II) Schwächere Ablenkungen: a) An der Oberfläche ist eine dem Mittelpunkt nähere Stelle + elektrisch gegenüber einer vom Mittelpunkt entfernteren Stelle, Fig. 14. b) Am Querschnitt ist eine periphere Stelle + elektrisch gegenüber einer centraleren Stelle. III) Keine Nadelabweichungen: a) Man legt den Muskel auf die Bäusche mit zwei Stellen seiner Oberfläche, die von der Mitte des Muskels gleichweit abstehen, Figur 15. Man bringt zwei Stellen des Querschnittes in den Galvanometerkreis, die gleichweit abstehen von der Mitte des Querschnittes. Auch in den Fällen Nro. III schicken die 2 Muskelstellen Ströme durch den Galvanometer; dieselben sind aber gleichstark und entgegengesetzt gerichtet, sodass die Nadel ruhig bleibt. Je grösser also die elektrische Differenz zweier auf die Bäusche gelegten Stellen des Muskels, desto stärker weicht die Nadel ab.



Fig. 13.

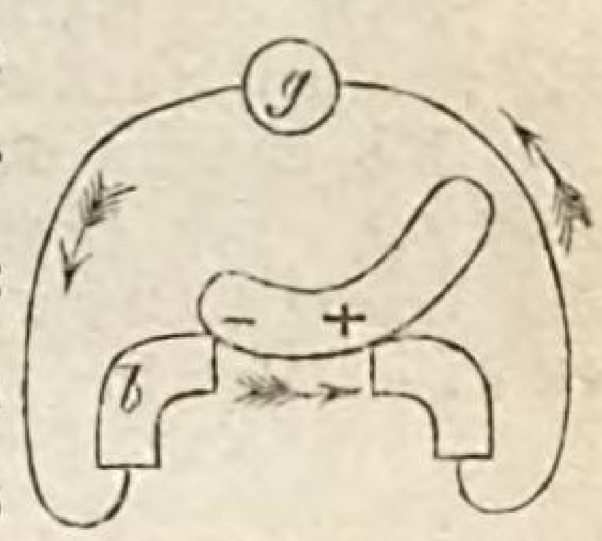
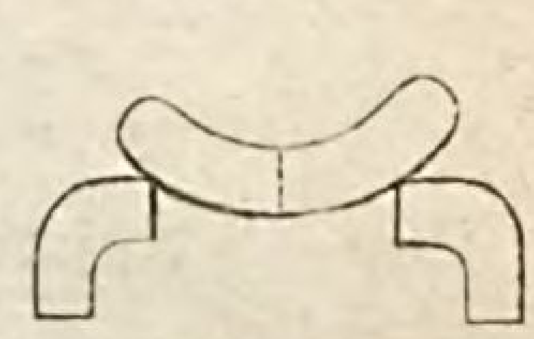


Fig. 14.


Fig. 15.

In Obigem ist ein gerader und paralleler Faserverlauf der Muskeln (z. B. Sartorius, Biceps und Abductor femoris, Rectus abdominis des Frosches) vorausgesetzt. Wird mit dem Messer ein Querschnitt durch den Muskel senkrecht zur Längsrichtung der Fasern gemacht, so ist jede Stelle des Querschnittes negativ gegenüber einer Stelle des Längsschnitts. Wird aber der Querschnitt sehr schief gegen die Längsrichtung der Fasern geführt, so sind die Stellen des Querschnitts, die der stumpfen Ecke näher liegen, positiver als Punkte des Längsschnitts, die der spitzen Ecke des Querschnittes benachbart sind. An der stumpfen Ecke überwiegt nämlich die positive Längsschnittsfläche, an der spitzen Ecke die negative Querschnittsfläche (Dubois). Ist nun die natürliche Insertion der Muskelfasern an die Sehne, der sog. natürliche Querschnitt, eine schiefe, so kann je nach der Insertionsweise die Wirkung entweder der von dem Querschnitt, oder der von dem

Längsschnitt ausgehende Strom überwiegen und dadurch das Muskelende, der sog. natürliche Querschnitt, im einen Fall positiv, im anderen negativ werden. Auf diese Weise erklärt Dubois z. B. die Positivität des oberen und die Negativität des unteren Endes des Froschwadenmuskels. Dagegen behauptet Valentin, dass das obere (doppelte) Sehnenende des Wadenmuskels auch dann positiv bleibt, wenn man ein so kleines Fragment nimmt, dass die Fasern parallel laufen.

Aehnliche, jedoch schwächere Ströme zeigen die Nerven. Schneidet man aus dem Hirn ein längliches Stück aus, gleichgültig in welcher Richtung, immer ist die Oberfläche positiv, der Querschnitt negativ.

Unter günstigen Umständen kann die durch die Differenz zwischen der Oberfläche und dem Querschnitt eines Froschmuskels nach Aussen wirkende elektromotorische Kraft $^1/_{13}$, im Neuen etwa $^1/_{50}$ eines Daniell'schen Elementes betragen (Dubois).

Die Ströme der einzelnen Muskeln und Nerven setzen den schon von Nobili wahrgenommenen, sog. Gesammtstrom zusammen. Dieser geht im Frosch vor der Extremitätenspitze gegen den Rumpf, im Rumpf vom After gegen den Kopf. In Säugethieren ist die Richtung umgekehrt. In Muskeln und Nerven, deren Reizbarkeit bereits erloschen ist, dauern übrigens nach Valentin die Ströme, wenn auch viel schwächer, noch fort. Die Lebenserscheinungen vergehen also früher, als die elektrischen. Aehnliches beobachtete Funke bei der Vergiftung mit Curare; die motorischen Nerven bieten, obschon sie keine Muskelzuckungen mehr auslösen können, den Strom des ruhenden Nerven und andere elektromotorische Eigenschaften in unverändertem Grad. Auf einer gewissen Stufe der Vergiftung ist sogar die elektromotorische Wirksamkeit des Nerven erhöht (Valentin).

Auch der starrgewordene Muskel wirkt noch elektromotorisch; der Strom zeigt jedoch die umgekehrte Richtung des normalen Stromes.

Die meisten übrigen Gewebe bieten keine oder nur geringe elektrischen Ströme, mit Ausnahme der allgemeinen Bedeckungen des Frosches, deren äussere Fläche + ist gegen die innere (Dubois). Auch die Darmschleimhaut ist + auf ihrer feinen Oberfläche (Rosenthal).

110. Elektrotonus.



Fig. 16.

Legt man, Figur 16, die eine Hälfte eines Nerven auf die Bäusche, und zwar einerseits mit dem Quer- und andererseits mit dem Längsschnitt, so zeigt das Galvanometer den ruhenden Nervenstrom in der Richtung des Pfeiles *a*. Leitet man sodann durch das, nicht im Galvanometerkreis liegende Nervenstück *B* einen constanten Strom (der »erregender« heissen mag) in der Richtung des Pfeiles *b*, so nimmt die Ablenkung der Galvanometernadel zu, der ruhende Nervenstrom wird verstärkt: sog. positive Phase des Elektrotonus.

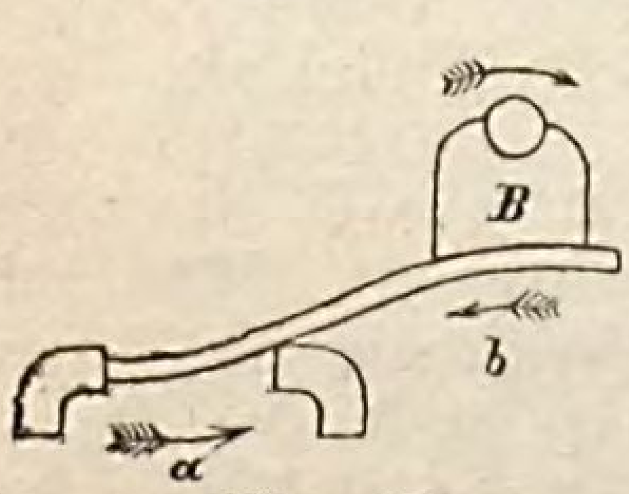


Fig. 17.

Hat aber, Fig. 17, der erregende Strom *b* eine, dem ruhenden Nervenstrom *a* entgegengesetzte Richtung, so nimmt die Nadelabweichung ab, der Nervenstrom wird geschwächt: negative Phase des Elektrotonus.

Zunächst ist der elektrische Zustand der vom erregenden Strom durchflossenen Nervenstrecke *B* verändert. Die stärkere Ablenkung der Nadel im

ersten, oder der Rückgang der Nadel im zweiten Fall, beweisen aber, dass der ganze Nerv eine Veränderung seines elektrischen Verhaltens erfährt. Legt man den Nerven, Figur 18, mit zwei vom Mittelpunkt gleichweit entfernten Stellen des Längsschnittes auf die Bäusche, so erfolgt, nach Früherem, keine Nadelablenkung, da die von den zwei Punkten des Nerven ausgeschickten gleichstarken, aber entgegengesetzt gerichteten Ströme sich ausgleichen. Wird nunmehr ein erregender Strom durch B geleitet, so zeigt die Nadel eine Ablenkung im Sinne des erregenden Stromes b. Offenbar also erhält der ganze Nerv und nicht bloss das vom erregenden Strom unmittelbar durchflossene Stück des letzteren, eine eigenthümliche elektrische Anordnung, die sich am Galvanometer verräth durch einen Strom, der dem erregenden Strom gleichgerichtet ist. Der Zustand dauert so lange als der erregende Strom.

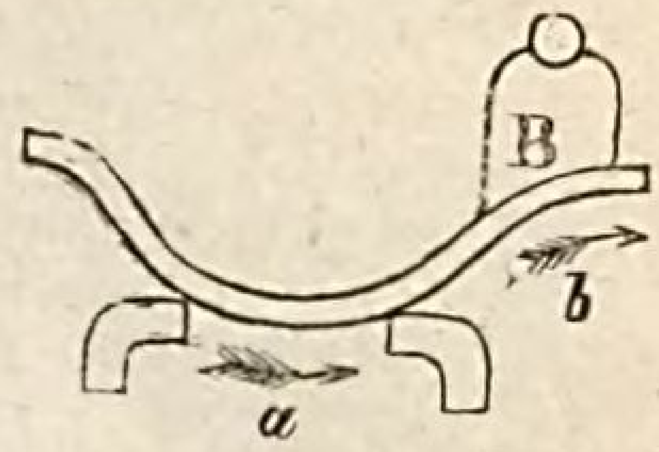


Fig. 18.

Metallische Leiter zeigen kein dem Nervenelektrotonus analoges Verhalten. Auch der Muskel bietet den Elektrotonus in obigem Sinne nicht. Schickt man einen constanten Strom durch einen Muskel in der Richtung, wie der Eigenstrom des Muskels oder umgekehrt, so wird der Muskelstrom im ersten Fall verstärkt, im zweiten geschwächt. Diese Wirkungen scheinen sich aber gewöhnlich nicht über die vom constanten Strom durchzogene Muskelstrecke auszudehnen, wogegen Matteucci und Valentin eine solche Ausdehnung auch über die extrapolare Muskelstrecke behaupten.

Trägt man die in der Physik übliche bildliche Ausdrucksweise auf den Muskel und Nerven über, so kann man sich mit Dubois-Reymond vorstellen, jede Nerven- und Muskelfaser bestehe aus einer unendlichen Zahl einzelner, aus einer + und einer — Hälfte zusammengesetzten, Elektromotoren von beliebiger Kleinheit, welche eingebettet wären in eine Zwischensubstanz, die mit keinen elektromotorischen Kräften, sondern bloss mit Leitungsvermögen für die Elektricität begabt wäre. Die vom erregenden Strom durchzogenen Nervenmolekeln würden im Elektrotonus so angeordnet, dass sich der + Elektrode der — Pol des Molekels a, Fig. 19, zuwendet, während der + Pol von a dem — Pol des Molekels b gegenübersteht u. s. w.; also wird auch der — Elektrode der + Pol von f zugewandt sein; mit einem Wort, das vom erregenden Strom durchzogene Nervenstück A zeigt die bekannte Anordnung der Elektromotoren der Voltasäule. Diese Anordnung selbst setzt sich aber auch in die Nervenstücke B und C fort, doch so, dass die dem Elektrotonus entsprechenden Nadelausschläge schwächer werden, je weiter die vom erregenden Strom durchzogene Nervenstrecke entfernt liegt von dem im Galvanometerkreis befindlichen Nervenstück. Letztere Erscheinung führt zur Annahme, dass die Molekeln a und f die nächsten, vom erregenden Strom nicht durchzogenen Molekeln genau richten und diese wiederum ihre Nachbarn u. s. w., d. h. der — Pol von g steht dem + Pol von f gegenüber u. s. w., wogegen die ungleichnamigen Pole der entfernteren Molekeln nicht vollkommen genau einander gegenüberlägen. Die fictiven elektrischen Molekeln wären demnach beweglich, drehbar. Die Einzelstrecken eines elektrotonisirten Nerven bieten übrigens gewisse functionelle Unterschiede, welche sich aus diesem Schema nicht ableiten lassen.

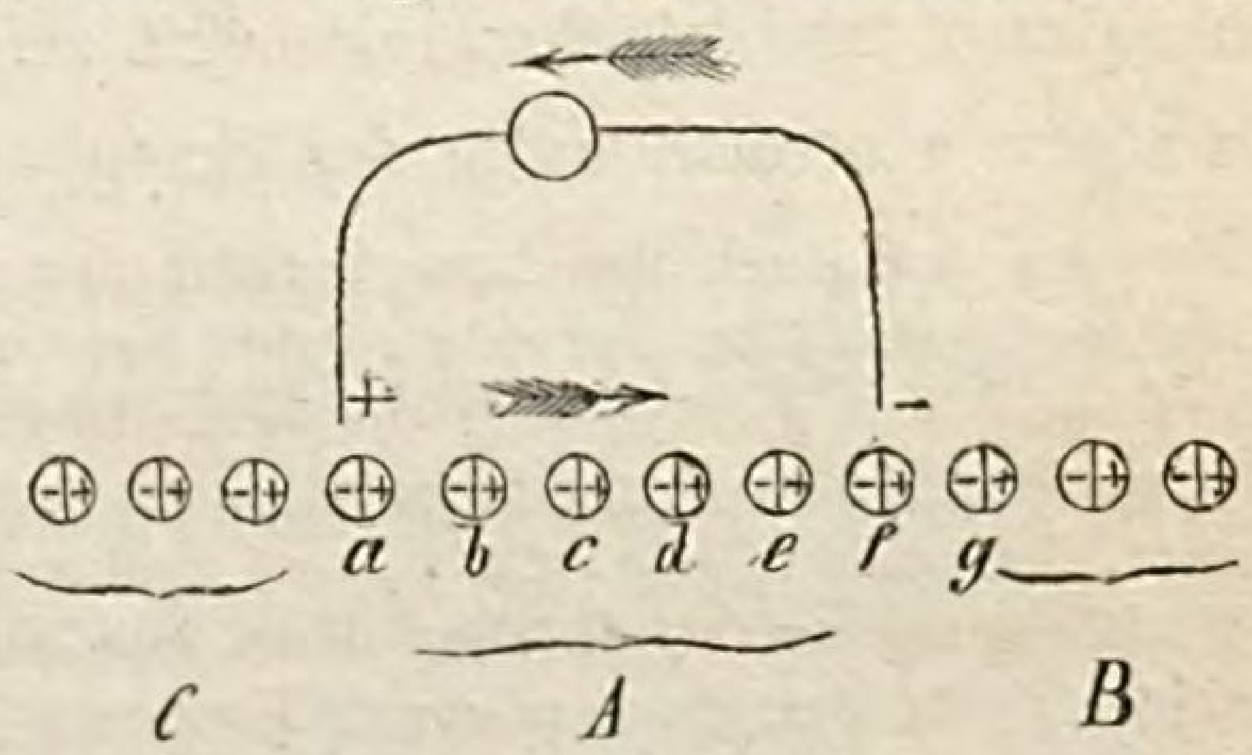


Fig. 19.

Die Erscheinungen des ruhenden Nervenstromes verlangen selbstverständlich eine andere Anordnung der elektrischen Molekeln als der Elektrotonus, doch ist es noch nicht gelungen, die betreffenden theoretischen Vorstellungen mit sämmtlichen Thatsachen in

befriedigende Uebereinstimmung zu bringen, sodass wir auf dieselben nicht näher einzugehen brauchen.

111. Anelektrotonus und Katelektrotonus.

Der elektrotonisirte Nerv erfährt ausser den so eben betrachteten Gleichgewichtsstörungen seines elektrischen Zustandes, bemerkenswerthe Aenderungen seiner physiologischen Eigenschaften. Vor allem ist die Erregbarkeit des Nerven modificirt (Nobili, Valentin). Als allgemeines Gesetz stellte Pflüger auf: Die vor dem Strom befindliche Nervenstrecke (*b* Figur 20) zeigt eine Erhöhung, die hinter dem Strom gelegene (*c*) eine Minderung der Erregbarkeit. Beide entgegengesetzte Veränderungen der Erregbarkeit verbreiten sich (nach auf- resp. abwärts) eine gewisse Strecke des Nerven entlang, jenseits welcher die Erregbarkeit normal ist. Der Elektrotonus nimmt an Ausbreitung und Stärke zu mit zunehmender Stärke des erregenden Stromes (wobei jedoch gewisse Stromstärken nicht überschritten werden dürfen) und mit wachsender Länge der vom erregenden Strom durchflossenen Nervenstrecke (*a* Fig. 20). Aber auch in der Nervenstrecke *a* ist die Erregbarkeit verändert, und zwar erhöht in der an *b* grenzenden, gemindert in der an *c* anstossenden Zone. Beide Zonen sind somit geschieden durch eine Stelle, wo die Erregbarkeit nicht verändert ist. Ist der erregende Strom sehr schwach, so zeigt fast die ganze Strecke *a* erhöhte Erregbarkeit, während ein starker erregender Strom beinahe in der gesammten Strecke *a* die Erregbarkeit herabsetzt, d. h. der Indifferenzpunkt rückt mit wachsender Stärke des erregenden Stroms dem — Pol immer näher. Pflüger nennt den elektrotonischen Zustand des Nerven am + Pol (der Anode) Anelektrotonus, am — Pol (der Kathode) Katelektrotonus. Die anelektrotonisirte Nervenstrecke zeigt somit eine Minderung, die katelektrotonisirte eine Erhöhung der Erregbarkeit.

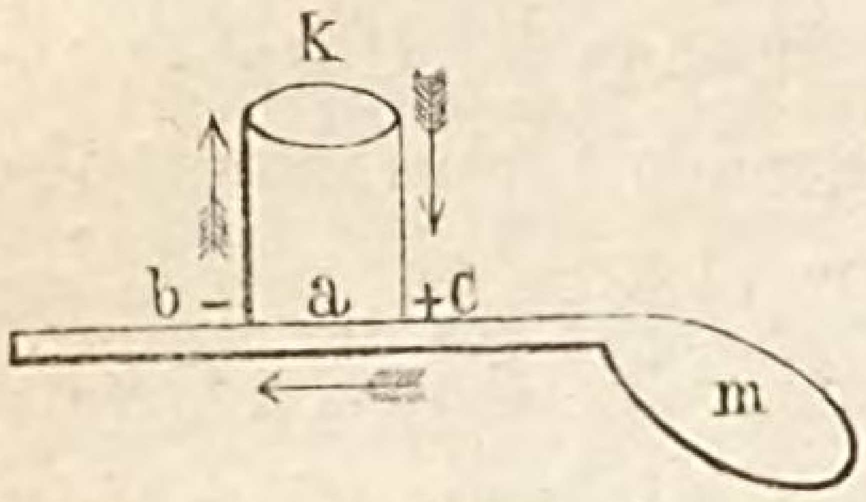


Fig. 20.

Als Ausdruck der Erregbarkeit des elektrotonisirten Nerven dient die Zuckungsgrösse des Muskels. Zur Nervenerregung verwendete Pflüger chemische Reize oder elektrische Schläge. Zur Erläuterung genügen folgende Beispiele: 1) Durch *a* (Fig. 20) gehe der Strom der Kette *k* aufsteigend (d. h. von einer peripheren Stelle gegen eine centralere); reizt man eine Stelle von *b*, so zuckt der Muskel *m* stärker als gewöhnlich, während die Erregung von *c*, obschon diese dem Muskel näher liegt, schwache oder keine Zuckungen auslöst. 2) Bringt man etwas Kochsalz auf *c*, so geräth der Muskel in Tetanus; schickt man dann durch *a* einen aufsteigenden Strom, so verschwindet der Tetanus sogleich. 3) Reizt man eine Stelle von *a* möglichst schwach, so entsteht nur eine geringe, ja selbst gar keine Zuckung; derselbe Reiz aber bewirkt eine relativ starke Zuckung, sobald durch *a* ein schwacher Strom (auf- oder absteigend) geleitet wird und zwar ist *a* (fast in der ganzen Länge) im Zustand erhöhter Reizbarkeit u. s. w.

Das Galvanometer kann die Stelle des Muskels vertreten. Wird das eine Ende des Nerven in den Galvanometerkreis aufgenommen, das andere dagegen schwach elektrotonisirt, so bewirkt Reizung der katelektrotonisirten Stelle durch Inductionsschläge eine Erhöhung, Reizung der anelektrotonisirten Stelle dagegen eine Minderung der in 113 zu betrachtenden negativen Stromschwankung (Bernstein).

Auch die sensibele Nervenfaser zeigt im Elektrotonus am + Pol eine Minderung der Erregbarkeit (Pflüger und Zurhelle). Reizt man eine Stelle

des mit dem Rückenmark noch zusammenhängenden N. ischiadicus mit etwas Kochsalz, so tritt ein schwacher Reflextetanus ein, der aber verschwindet, wenn die gereizte Nervenstelle in den Bereich des + Pols eines absteigenden Stromes gebracht, d. h. in Anelektrotonus versetzt wird.

Die Fortpflanzung der Nervenerregung in einer von einem constanten Strom durchflossenen Nervenstrecke wird nach Bezold gänzlich aufgehoben, wenn der erregende Strom stark ist, dagegen bloss verzögert (wie sich aus der später beginnenden Muskelverkürzung ergibt), wenn der erregende Strom eine mässige Stärke hat. Im letzteren Fall ist die Verzögerung verhältnissmässig gering in der vom Strom selbst durchflossenen Strecke *a* Fig. 20; am grössten dagegen in den, den Polen, namentlich dem positiven, zunächst gelegenen Partien, von wo aus sie nach aufwärts und abwärts (in der Strecke *b* und *c* Fig. 20) wiederum continuirlich abnimmt.

112. Entstehen und Verschwinden des Elektrotonus.

Schickt man einen constanten Strom durch einen motorischen Nerven (oder Muskel), so erfolgt 1) Zuckung des Muskels beim Einbrechen des Stromes (Schluss der Kette); 2) vollkommene Ruhe des Muskels während des Bestehens des Stromes (fast in allen Fällen), gleichgültig, ob der Strom stark oder schwach ist; 3) Zuckung beim Aufhören des Stromes (Oeffnen der Kette). Mit anderen Worten: nicht auf das Bestehen, sondern nur auf das Erscheinen und Verschwinden des Elektrotonus reagirt der Muskel mit einer Zuckung.

Ausnahmen von dieser Regel sind jedoch nicht ganz selten; auf den absterbenden Nerv sind unter Umständen selbst intensive kurze Schläge ohne Wirkung, wogegen aber ein länger dauernder constanter Strom, selbst wenn er schwach ist, vom Nerven aus den Muskel in anhaltende Zusammenziehung (Tetanus) versetzt. Aehnlich verhalten sich die Muskeln bei der Curarevergiftung (Wundt) und in gewissen Lähmungszuständen (Baierlacher).

Schon Pfaff hatte gefunden, dass die Richtung des constanten Stromes auf die Grösse der Zuckung von Einfluss ist; der im Nerven absteigende Strom begünstigt die Schliessungszuckung, der aufsteigende Strom die Oeffnungszuckung. Ausser der Richtung ist aber auch die Stärke des Stromes von Einfluss, sowie die Reizbarkeit des Präparates; durchgreifende Regeln können daher nicht aufgestellt werden und die abweichenden Angaben der Forscher erklären sich zum Theil aus der Verschiedenheit der genannten Nebenbedingungen. Pflüger stellt für frische Nervenmuskelpräparate folgende Normen auf:

Stromstärke.	Aufsteigender Strom.	Absteigender Strom.
schwache	Schluss: Zuckung. Oeffnung: Ruhe.	Schluss: Zuckung. Oeffnung: Ruhe.
mittlere	Schluss: Zuckung. Oeffnung: Zuckung.	Schluss; Zuckung. Oeffnung: Zuckung.
starke	Schluss: Ruhe. Oeffnung: Zuckung.	Schluss: Zuckung. Oeffnung: Ruhe.

Die Pfaff'sche Regel lässt sich nach Pflüger folgendermaassen formuliren: 1) das Entstehen, nicht aber das Verschwinden des Katelektrotonus und 2) das Verschwinden, nicht aber das Entstehen des Anelektrotonus wirken reizend auf den Nerven. Da ferner das in einem nicht zu schwachen Anelektrotonus befindliche Nervenstück die Fortleitung der Reizung hindert oder selbst ganz hemmt (s. 111), so wird erklärlich, warum beim Schluss des aufsteigenden Stromes der in der obern Nervenstrecke entstehende Katelektrotonus seine reizende Wirkung nicht oder nur theilweis geltend machen kann, d. h. warum bei einem stärkeren aufsteigenden Strom die Schliessungszuckung fehlt oder doch wenigstens geringer ist als die Oeffnungszuckung. Auf die, zum Theil auf positiven Thatsachen beruhenden Hülfsvorstellungen, um die übrigen Resultate der Tabelle zu erklären, kann in Kürze nicht eingegangen werden.

Befestigt man den oberen Theil eines Muskels so, dass er sich nicht verkürzen kann und schickt sodann einen constanten Strom auf- oder absteigend durch diese Muskelstrecke, so erfolgen die Zuckungen der übrigen Muskelstrecke ebenfalls nach obigem Schema (Bezold). Durchsetzt der Strom jedoch den ganzen Muskel, so ist unter allen Umständen die Schliessungszuckung bedeutend begünstigt.

Schaltet man in die den Nerven durchziehende Strombahn eine Nebenschliessung ein, z. B. einen kurzen und dicken metallischen Drahtbogen, so ist der Stromtheil, der durch den relativ schlecht leitenden Nerven geht, = 0. Mit wachsender Länge und Feinheit des Drahtes wird aber der den Nerven durchziehende Stromtheil grösser. Der Rheochord der Physiker gestattet, solche metallische Nebenschliessungen von beliebig und schnell zu variirender Länge in die Strombahn einzuführen und somit die Intensität des zum thierischen Reizversuch dienenden constanten Stromes schnellstens und in messbarer Weise zu variiren (Dubois-Reymond).

Der constante Strom äussert auch gewisse Nachwirkungen, die seit Ritter und Volta, vielfach untersucht wurden und sein Bestehen verhältnissmässig lange überdauern können. Am bemerkenswerthesten ist die Erhöhung der Erregbarkeit der früher elektrotonisirten Nervenstrecke. Hat der Strom den Nerven oder Muskel längere Zeit durchsetzt, so folgt auf sein Verschwinden öfters anhaltender Tetanus. Schickt man sodann einen constanten Strom in entgegengesetzter Richtung durch das Präparat, so wird der Tetanus verstärkt, während die frühere Stromrichtung den Tetanus aufhebt.

In sensibelen Nerven bedingt der constante Strom Empfindungen nicht bloss beim Einbrechen und Aufhören, sondern, wenn auch in schwächerem Grade, während seines Bestehens. Wirkt z. B. der constante Strom auf den Sehnerv oder die Hautnerven, so hat man continuirliche Farbenempfindungen, resp. anhaltendes Prickeln, Schmerzen u. dgl. in der Haut.

113. Ströme in den thätigen Nerven und Muskeln.

Der elektrotonische Zustand des Nerven lässt sich durch keinen anderen Nervenreiz als den constanten Strom hervorrufen. Die gewöhnliche Functionirung der Nerven und Muskeln ist aber begleitet von einer, vom Elektrotonus verschiedenen, Veränderung des sogenannten ruhenden Nerven- und Muskelstromes. Präparirt man einen Nerven sammt zugehörigem Muskel aus und bringt letzteren auf die Bäusche in den Galvanometerkreis, so weicht die Nadel bedeutend ab im Sinne des ruhenden Muskelstromes. Reizt man hierauf den ausserhalb des Galvanometerkreises befindlichen Nerven, so dass der Muskel in anhaltende Zusammenziehung (Tetanus) kommt, so erhält man am Galvanometer einen Rückgang der Nadel selbst bis in den anderen Quadranten,

die sog. negative Stromschwankung von Dubois, also ein scheinbare Schwächung des Muskelstromes. Dasselbe ereignet sich, wenn man die eine Hälfte eines Nerven in den Galvanometerkreis einführt und die andere, ausserhalb dieses Kreises liegende Nervenstrecke in passender Weise erregt, z. B. durch die Schläge der Inductionsmaschine. Unter Umständen kann jedoch am reizlosen Nerv eine negative Schwankung nachgewiesen werden (Valentin). Die negative Schwankung pflanzt sich nach Bernstein im Nerven mit derselben Geschwindigkeit fort wie die Nervenreizung überhaupt (68).

Die negative Schwankung des Nervenstroms betrachtet Dubois nicht als den Ausdruck einer wirklichen Stromabnahme; er nimmt an: während der Thätigkeit wechseln beständig zwei elektrische Ströme in entgegengesetzten Richtungen, also einmal vom Querschnitt zur Oberfläche, uud das nächste Mal von der Oberfläche zum Querschnitt; mit anderen Worten: die kleinen fictiven Elektromotoren wären in beständigen Rotationen begriffen. Letztere geschehen aber so schnell, dass die Galvanometernadel nicht nachfolgen kann; sie gibt bloss die mittlere Wirkung an und diese Resultirende ist eben eine scheinbare Abnahme des Nervenstroms. Bemerkenswerth ist, dass auch diese Veränderung im Nerven von der Reizstelle aus nach beiden Richtungen fortgepflanzt wird.

Schliesst man den Galvanometerkreis, indem man in die Zuleitungsgefässe je einen Finger einer Hand eintaucht, so zeigt sich kein Strom. Die vom Rumpf gegen die Fingerspitze verlaufenden Ströme (109) beider Extremitäten gehen nämlich in entgegengesetzter Richtung durch das Galvanometer; die Nadel bleibt desshalb ruhig. Spannt man nun willkürlich die Muskeln des einen Armes, so entsteht ein Strom, der in diesem Arm gerichtet ist vom Finger gegen die Schulter (Dubois).

Wird mittelst eines constanten Stroms der Nerv in Elektrotonus (gleichgültig ob in + oder — Phase) versetzt, so tritt bei der Reizung des Nerven durch Inductionsschläge die negative Stromschwankung ebenfalls ein (Bernstein). Treffen die Inductionsschläge eine Stelle des Nerven zwischen der vom constanten Strom durchzogenen und der in den Galvanometerkreis aufgenommenen Nervenstrecke, so hat man z. B. in der Anordnung Fig. 16 (110) eine Zunahme, in Fig. 17 eine Abnahme der negativen Schwankung der Magnetnadel. Daraus folgt, dass der eben vorhandene Strom, gleichgültig ob er der natürliche Nervenstrom ist oder der durch den Elektrotonus veränderte, unter allen Umständen durch intermittirende Reize eine Minderung, resp. Umkehr erleidet.

Präparirt man von einem sehr reizbaren Frosch den Wadenmuskel *a* sammt dessen Nerven aus und legt letzteren mit einer Stelle auf die Oberfläche, mit einer anderen auf den Querschnitt eines Muskels *b*, so geht durch das aufgelegte Nervenstück der ruhende Muskelstrom von *b*. Wird nun *b* in Tetanus versetzt, so geräth Muskel *a* in denselben Zustand, den sog. inducirten Tetanus (Matteucci); Tetanus tritt aber nur ein bei, mit gewisser Geschwindigkeit aufeinanderfolgenden Einzelreizen, also besteht auch der Reiz, der den Nerven des tetanisirten Muskels *a* trifft, in einer Reihe kurzer Schläge.

114. Elektrische Fische.

Zu den merkwürdigsten Erscheinungen der Thierwelt gehören die elektrischen Entladungen der Zitterrochen (Mittelmeer), des Zitterwels (afrikanische Flüsse) und Zitteraales (Flüsse und Landseen Südamerika's). Sie betäuben oder tödten damit Thiere, welche sie zur Beute haben wollen; der Zitteraal kann selbst Pferde tödten. Zu den Entladungen dienen eigene, nervenreiche Organe. Das elektrische Organ der Zitterrochen liegt zu beiden Seiten des Kopfes und

vorderen Rumpfes; es besteht aus vielen hunderten, durch fibröse Scheidewände von einander abgegrenzten, von der Rücken- gegen die Bauchseite senkrecht gestellten Säulchen, die durch horizontale Plättchen in zahlreiche Fächer getheilt sind. Jedes Fach enthält etwas Flüssigkeit.

Walsh zeigt, dass die Schläge dieser Fische den gewöhnlichen elektrischen Entladungen vollkommen gleichen. Im Moment der Entladung ist die Rückenseite des Rochen +, die Bauchseite — elektrisch. Das elektrische Organ dieses Thieres erhält sehr starke Nervenzweige vom Trigeminus; nach Durchschneidung des Nerven hören die Schläge auf (Todd), doch sind Entladungen auch am ausgeschnittenen Organ möglich nach Reizung des Nerven (Matteucci). Die Centralorgane der elektrischen Nerven liegen beim Rochen im Gehirn: die Lobi electrici; im Aal und Wels im Rückenmark. Die Schläge sind nur von sehr kurzer Dauer, können aber schnell wiederholt werden; sie sind willkürlich (doch nimmt das Entladungsvermögen nach und nach ab) oder unwillkürlich (reflectorisch) nach vorheriger Reizung sensibeler Nerven. Strychninvergiftung begünstigt die Reflexschläge in hohem Grade. Wird der Nerv des elektrischen Organes durch die Schläge der Inductionsmaschine »tetanisirt«, so entladet sich nach Dubois-Reymond das Organ mittelst schnellstens auf einander folgender Schläge. Ein ausgeschnittenes Stück des elektrischen Organes gibt einen, am Galvanometer wahrnehmbaren, jedoch nur sehr schwachen beständigen Strom in der Richtung wie der Entladungsstrom (Matteucci). Die stärksten Entladungen gibt der Rochen bei Reizung der Lobi electrici selbst.

Die Einen betrachten das Nervensystem als die wahre Elektricitätsquelle der Thiere und das elektrische Organ bloss als Entladungsapparat, während den Anderen das elektrische Organ als Elektricitätsquelle selbst gilt, dessen elektromotorische Theilchen jedoch nicht im ruhenden Zustand, sondern erst bei der Entladung die zur Wirkung nach Aussen erforderliche Richtung hätte. Der Einfluss des Nervensystemes würde dann sich darauf beschränken, die Elektromotoren im Sinne der Volta'schen Säule zu ordnen.

VI. Allgemeine Mechanik der Skeletbewegungen.

115. Bestandtheile der Gelenke.

Die Bewegungen der Knochen werden ermöglicht durch die eigenthümlichen Verbindungsweisen derselben unter sich: die Gelenkapparate. Die mit Knorpel überzogenen freien Enden der Knochen dienen als widerstandsfähige, die Gewalt der Stösse mindernde Polster, während ihre Glätte in hohem Grade das Hin- und Hergleiten der Gelenkflächen begünstigt. Neben den Gelenkflächen entspringt die Kapsel, welche die Gelenkhöhle nach Aussen abschliesst. Ausserdem erhält die Kapsel Bänder, welche als Verstärkungsmassen das Gelenk

fester machen und als Hemmungsvorrichtungen wirken, indem sie sich bestimmten oder zu starken Bewegungen widersetzen. Die Gelenkhöhle ist, mit Ausnahme der Knorpel, überzogen von der Synovialmembran, dem Absonderungsorgan der sog. Gelenkschmiere (Synovia), welche vorzugsweise die Reibung der übereinander gleitenden Knorpelflächen mindern hilft. Die alkalische Synovia hält 3—5% Fixa und verdankt die Viscosität ihrem Eiweiss- und Mucingehalt und ist durch letzteren von den Secretionen der übrigen serösen Häute erheblich verschieden.

Die Knochen, die schwersten Theile des Körpers (specifisches Gewicht nahezu 2) besitzen eine verhältnissmässig grosse Cohäsion; für 1 □ Linie Knochenquerschnitt sind 30—140 Pfund nothwendig, wenn Zerreissung erfolgen soll.

Die Gelenkflächen werden zusammengehalten 1) durch die Gelenkkapsel und deren Verstärkungsapparate, 2) den Luftdruck, der namentlich in den mit tieferen Pfannen versehenen Gelenken von eingreifender Wirkung ist; die Bildung einer Luftleere im Gelenk ist nämlich nicht möglich, also muss der Luftdruck den Gelenkkopf in die Grube pressen (s. 462). 3) Die Mitwirkung der über die Gelenke gespannten Muskeln kommt nur unter Umständen in Betracht.

116. Eintheilung der Gelenkflächen.

Aus den Formen der Gelenkflächen ergeben sich unmittelbar die Bewegungsweisen der Knochen, d. h. Richtungen und mögliche Grössen (Excursionsweiten) der Bewegungen. Dabei bewegt sich die eine Gelenkfläche über die andere, so zwar, dass die Bewegung erfolgt um gewisse feststehende Punkte (Drehaxe der Bewegung).

I. Gewerbgelenk (Ginglymus). Die eine Gelenkfläche ist drehrund, und zwar nur in einer einzigen Richtung, die andere Fläche zeigt die entsprechende Hohlform. Drehung ist nur möglich um eine einzige Axe; die Bewegung selbst verbleibt also streng in einer Ebene. Man unterscheidet bloss Beugung und Streckung. Immer sind vorhanden seitliche Hülfsbänder, welche in allen Stellungen der Knochen gleichmässig gespannt sind und somit die Ginglymusbewegungen nicht hemmen. Als Hemmungsapparate dienen Knochenvorsprünge, z. B. das Olecranon des Ellbogengelenkes.

Eine Abart dieser Gelenke ist das Schraubengewerbgelenk (Langer). Am deutlichsten ist die Schraubenform im Tibio-astragalusgelenk. Die Astragalusrolle stellt einen Abschnitt einer Schraubenspindel, die Tibiafläche einer Schraubenmutter dar. Das rechte Gelenk entspricht einer linksgewundenen Schraube und umgekehrt. Die Schraubenform ist freilich in der Regel nur schwach angedeutet, d. h. die Höhe des Schraubenganges, von dem das Gelenk einen Abschnitt bildet, ist sehr gering. Auch das Ellbogengelenk gehört zu den Schraubengewerbgelenken. S. auch Crico-arytänoidgelenk (491. Anmerkg.)

II. Drehgelenk (Rotatio). Die eine Fläche hat eine Cylinder-, die andere die entsprechende Hohlform. Entweder 1) liegt die Drehaxe in der Längsaxe oder doch ungefähr parallel zur Längsaxe des sich drehenden Knochens. Bei den Pronations- und Supinationsbewegungen der mit dem Radius verbundenen Hand vollführt die vertiefte Endfläche des Radiuskopfes Drehungen auf der kopfförmigen Erhabenheit des Oberarmbeins; während das untere Ende (Incisura semilunaris) des Radius um das Ulnaköpfchen im Kreis-

bogen sich dreht. Die Drehung des Radiuskopfes wird erleichtert durch die Gelenkverbindung desselben mit der Incisura semilunaris ulnae, welche sammt dem Ringband des Radius das Köpfchen des letzteren ringförmig umschliesst. Die Drehaxe ist eine den Radiuskopf mit dem Processus styloideus Ulnae verbindende Gerade. Demnach sind bei der Pronation und Supination der Hand 3 Gelenke betheiligt. Oder 2) die Drehaxe liegt im ruhenden Knochen. Die Hohlfläche eines Knochens dreht sich um einen andern von Cylinderform, z. B. der Atlas um den Zahnfortsatz des Epistropheus. Die Drehgelenke gehören ebenfalls zu den einaxigen.

III. Kugelgelenk (Arthrodia). Die eine Fläche ist ein Theil einer Kugel, die Vertiefung dagegen zeigt die entsprechende hohlkugelige Form (Caput femoris und Beckenpfanne; Oberarmknochen und Schulterblatt). Die Bewegungen sind wie bei einer Kugel, möglich um unendlich viele Axen, die sich schneiden im Kugelcentrum. Allen diesen Axen substituirt man aber 3 Hauptaxen, die rechtwinkelig auf einander nach den 3 Dimensionen des Raumes gezogen werden und sich im Kugelcentrum schneiden. Das Kugelgelenk ist somit ein dreiaxiges. Daraus ergibt sich eine Allseitigkeit der Bewegung, wie bei keinem andern Gelenk, die zudem begünstigt wird durch die Schlaffheit und Weite der Gelenkkapsel. Die Bewegungen erfolgen 1) in beliebigen Ebenen, oder 2) der bewegte Knochen beschreibt die Peripherie eines Kegels, und endlich sind 3) Rotationen möglich um die Längsaxe des Knochens.

IV. Beschränkte Arthrodie, mit rundlichem oder eiförmigem Gelenkkopf einerseits und annähernd entsprechender Grube andererseits. Die Gelenkflächen sind in den zwei zu einander rechtwinkeligen Richtungen verschieden stark gekrümmt. Sie gestatten dieselben Bewegungen (jedoch mit geringeren Excursionsweiten) wie das Kugelgelenk, mit Ausnahme der Rotation um die Längsaxe; man hat also hier bloss 2 Drehaxen. Z. B. Carpusknochen und Vorderarm; Mittelhandknochen und erste Phalangen der Finger.

V. Sattelgelenk. (Zuerst von Bergmann beschrieben.) Man unterscheidet eine zweifache Krümmung, wie im Sattel, der eine Convexität von rechts nach links und eine Concavität von vorn nach hinten bildet. Hierher gehört (ausser den Gelenken der Wirbelkörper der Vögel) die Verbindung des Os metacarpi pollicis mit dem Os multangulum majus. Die Bewegungen des Metacarpusknochens des Daumens sind 1) Ab- und Adduction, 2) Beugung und Streckung des Daumens, ausserdem aber auch 3) minder leicht ausführbare Bewegungen in anderen Ebenen, und 4) Beschreibung eines kegelförmigen Raumes. Dadurch entsteht das Ansehen von beschränkten Arthrodiebewegungen. Die Drehungen dieses Metacarpusknochens geschehen um 2 Hauptaxen: a) eine feste Axe im Os multangul. maj., für Beugung und Streckung b) die zweite Axe für Ab- und Adduction des Daumens ist am Zweckmässigsten als eine bewegliche aufzufassen und durch die Basis des Metacarpusknochens rechtwinklig zur ersten Axe zu legen. Während der Knochen sich um die in ihm selbst

gelegene Axe dreht, rutscht zugleich die Basis des Knochens in entgegengesetzter Richtung über die Gelenkfläche des Os multang. Diese Axe ist somit eine bewegliche und das Gelenk ein zweiaxiges.

VI. Spiralgelenke, bezüglich welcher auf das Kniegelenk, als Prototyp, verwiesen wird, das in 463 im Zusammenhang mit seinen physiologischen Verwendungen zu betrachten ist. Dieses Gelenk erlaubt, ausser Beuge- und Streckbewegungen (um eine bewegliche Axe) in der stärksten Beugestellung der Knochen auch Drehungen um die Längsaxe des Unterschenkels.

VII. Straffes Gelenk (Amphiarthrosis). Die Gelenkfläche ist nahezu eben, die Bänder sind kurz und wenig nachgiebig, die Gelenkflächen fast gleich gross, die Bewegungen also unbedeutend, aber möglich nach allen Richtungen (z. B. Handwurzelknochen unter einander).

Einzelne Gelenke bieten so specielle Einrichtungen, dass sie sich obiger Classification nur hinsichtlich ihrer Hauptbewegungen fügen, so z. B. das Kiefergelenk (181).

117. Zugwirkungen der Muskeln auf das Skelet.

Die Muskeln werden hier bloss betrachtet als Körper, welche Zugkräfte ausüben auf ihre Insertionen, ohne Rücksicht auf die Ursachen dieser Kräfte. Dadurch ist die Aufgabe, wenigstens in ihrer allgemeinen Fassung, ein blosses Problem der Mechanik, so dass schon Borelli vor 200 Jahren mit Erfolg die Grundnormen der Skeletbewegungen auf die Hebelgesetze zurückführen konnte. Die Muskeln inseriren sich vermittelst der Sehnen an das Periost der Knochen. Die Sehnen sind fest, und (wenigstens durch die im Körper wirksamen Muskelzüge) undehnbar; ihre im Verhältniss zu den Muskeln oftmals sehr geringe Dicke ermöglicht es, dass selbst Muskeln von bedeutendem Querschnitt auf eine beschränkte Stelle eines Knochens wirken können. Die Sehnenlänge wechselt ungemein; die sehr langen Sehnen gestatten den Muskeln Wirkungen auf entfernte Knochen. Die Bewegungen mancher Sehnen werden durch Sehnenscheiden und die sogenannten Schleimbeutel erleichtert.

Die thätigen Muskeln werden 1) entweder bloss gespannt, sie vollführen keine Bewegungen, wenn entweder die Widerstände zu gross, oder alle, ein Gelenk überschreitenden Muskeln im Gleichgewicht sind; es erfolgt dann bloss ein stärkeres Anpressen der Gelenkflächen gegeneinander; oder 2) die Widerstände sind zu besiegen: es entstehen nunmehr Bewegungen; die eine Insertion (punctum mobile) gibt dem Zug des Muskels nach und nähert sich der anderen Insertion (p. fixum).

118. Krafthebel und Geschwindigkeitshebel.

In Fig. 21 sei u der Unterstützungspunkt des Hebels $u\,k$, in l sei die Last, in k die Kraft. Wird der Hebel in die Lage $u\,k'$ gebracht, so macht das Ende

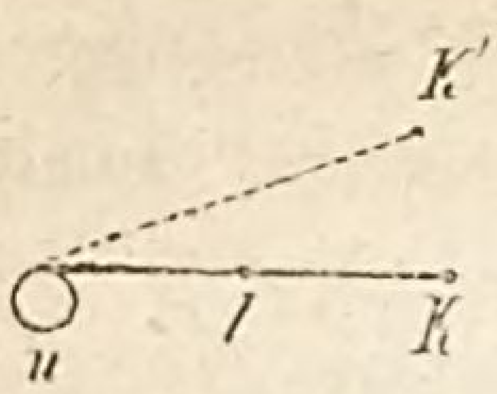


Fig. 21.

des Krafthebels eine grössere Bewegung als das Ende des Lasthebels; die Wirkung ist also eine kleine aber kräftige Bewegung der Last, indem Hebel *u k*, durch seine grössere Länge, dem Lasthebel *u l* gegenüber, im Vortheil ist. Daher der Name Krafthebel. Beispiel: der grosse Wadenmuskel erhebt den Körper in die Höhe, indem er die Sohle vom Boden entfernt und den Fuss auf die Köpfchen der Mittelfussknochen (Unterstützungspunkt *u*) stellt; *l* fällt in die Axe des Fussgelenkes im Sprungbein und *k* in die Insertion der Achillessehne am Höcker des Fersenbeines.

Liegt die Kraft näher dem Unterstützungspunkt als die Last, so macht das Ende des Lasthebels eine grössere Bewegung als das Ende des Krafthebels; daher der Name Geschwindigkeitshebel. Dieselben sind aber minder kräftig, weil nunmehr der Krafthebel als kürzerer im Nachtheil ist. Z. B. bei der Hebung des Armes durch den Deltoides liegt die Last unterhalb der Insertion dieses Muskels.

Die Mehrzahl der Muskeln inserirt mehr oder weniger nahe den Gelenken, d. h. der Krafthebel ist kurz, der Lasthebel lang. Geht dadurch zunächst allerdings Kraft verloren, so wird solche auf der anderen Seite wieder erspart, weil die Muskeln sich nicht so stark zu verkürzen brauchen. Unter der Voraussetzung, dass, Figur 22, das punctum fixum in *a* liegen müsse, braucht der Muskel *a b*, wenn er dem Knochen *d c* die Stellung *c f* zu geben hat, sich um einen geringeren Bruchtheil seiner Länge zusammenzuziehen, als wenn dieses Geschäft dem Muskel *a g* übertragen wird.

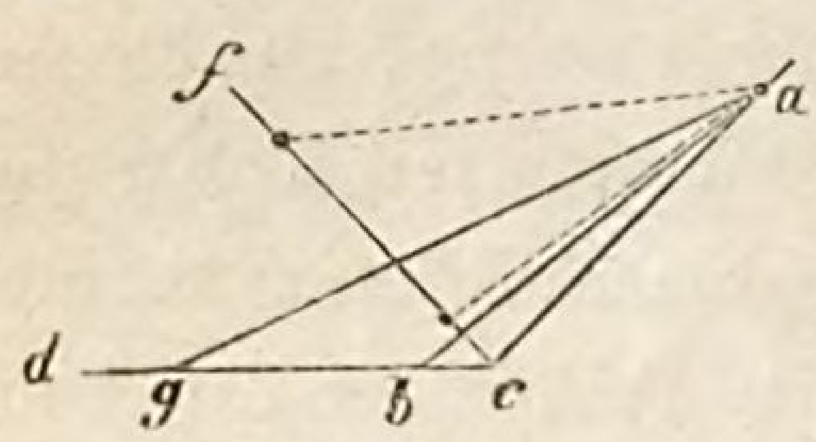


Fig. 22.

Die Insertionspunkte der Skeletmuskeln zeigen sehr verschiedene Abstände von einander; ein Zusammenhang zwischen diesen Abständen und den Bewegungsgrössen der Muskeln (d. h. den Näherungen der Insertionspunkte) besteht schon desshalb nicht, weil das Verhältniss der Sehnenlänge zur Länge der Muskelfasern in den verschiedenen Muskeln ausserordentlich schwankt. Anders aber verhält es sich, wenn man mit Ausschluss der Sehnen bloss die Länge der Muskelfasern berücksichtigt. Dieselbe schwankt zwischen 5 bis 450 Millimetern; bei den meisten Skeletmuskeln verhält sich aber, nach Ed. Weber, die Länge der Muskelfasern in ihrer gewöhnlichen Ruhelage zu deren Länge im Zustande der grösstmöglichsten, durch die Gelenke u. s. w. noch gestatteten Verkürzung annähernd wie 2 : 1 (genauer wie 100 zu 62 bis 44). Diese für viele Muskeln annähernd gültige Norm gilt übrigens nicht für die Muskeln, welche mehr als ein Gelenk überspringen, indem dieselben viel geringere Verkürzungsgrade zeigen.

119. Richtung des Muskelzuges.

Der rechtwinklige Ansatz der Muskeln an die Knochen gestattet, unter sonst gleichen Verhältnissen, die stärksten Wirkungen; der Masseter z. B. presst den Unterkiefer kräftig gegen den Oberkiefer. Die Gestaltverhältnisse des Skeletes bringen es aber mit sich, dass die meisten Muskeln mehr oder weniger schief inseriren, was zunächst einen Kraftverlust verursacht. Durch *a* Figur 23 gehe die auf der Papierebene senkrechte Drehaxe, *m' m* sei die

Richtung der Muskelkraft. Letztere kann, nach dem Gesetz des Kräfteparallelogrammes, zerlegt werden in eine auf den Hebelarm *m a* senkrecht wirkende Kraft *i m* und eine, die Gelenkflächen gegen einander pressende Kraft *m g* = *i m'*. Ist aber der Knochen stärker flectirt, also z. B. in die Lage *m a* Figur 24 übergeführt, so ist *i m* im Verhältniss zu *i m'* viel begünstigter; bei der senkrechten Stellung von *m' m* gegen *m a* endlich übt der Muskel, die sonstigen Bedingungen als gleich angenommen, seine stärkste Wirkung aus. In der Strecklage des Knochens würde, wegen grösster Schiefheit der Insertion, die Kraft *i m* fast Null, d. h. das Eintreten der Beugung ungemein schwer werden, wenn nicht die grössere Dicke der Knochen in der Nähe der Gelenke der Sehne eine weniger schiefe Richtung gegen den Insertionspunkt bedingen würde.

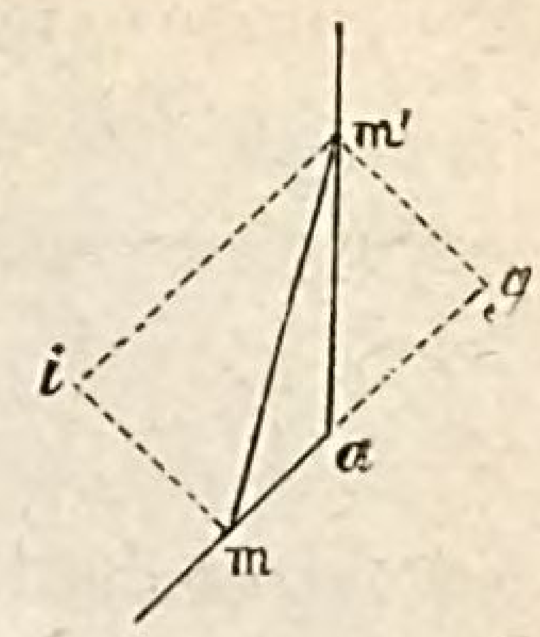


Fig. 23.

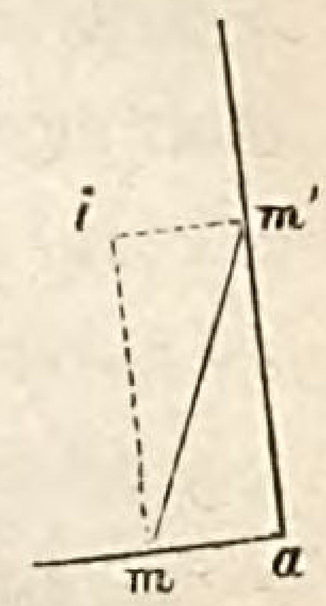


Fig. 24.

Bei schief inserirenden Muskeln wird also im Verlauf der Beugung der Insertionswinkel minder spitz und die Bewegung dadurch erleichtert. Dazu kommt noch der weitere Vortheil, dass schief inserirende Muskeln sich bei weitem nicht so stark zu verkürzen brauchen, um dem Knochen eine bestimmte Bewegung zu ertheilen, als rechtwinklich inserirende.

Physiologie der Specialfunctionen.

VII. Kreislauf des Blutes.

120. Schema des Kreislaufsapparates.

Der Kreislaufsapparat besteht aus dem als Pumpwerk arbeitenden Herzen und zahllosen vielfach sich verästelnden Röhrenleitungen, den Blutgefässen. Man unterscheidet: 1) Arterien. Das Blut fliesst vom Stamm gegen die Aeste und Zweige; der Hauptstamm wird gespeist von der Herzkammer. 2) Capillaren. Die engsten Gefässe, welche den Uebergang bilden zu den 3) Venen. In diesen strömt das Blut von den Zweigen gegen die Stämme; die Hauptstämme münden in den Herzvorhof. Im Säugethier und Vogel unterscheidet man zwei Abschnitte des Kreislaufes: 1) Lungenblutbahn: rechtes Herz, die daraus entspringende Lungenarterie, Lungencapillaren, Lungenvenen, mündend in die linke Vorkammer. 2) Körperblutbahn: linkes Herz, die daraus entspringende Aorta und deren Verzweigungen, Capillaren des gesammten Körpers, Körpervenen, mündend in die rechte Vorkammer.

Dass das Blut sich bewege, war eine der ältesten Ueberzeugungen in der Medicin, jedoch war man im Unklaren über Richtung, Geschwindigkeit, überhaupt die wesentlichsten Eigenschaften dieser Bewegung. Harvey erwies 1628 die mechanische Nothwendigkeit der Circulation; seine Entdeckung ist wegen der Wichtigkeit des Blutlaufes die folgenreichste der bisherigen Physiologie gewesen.

A. Hydraulische Vorbemerkungen.

121. Spannung und Bewegung der Flüssigkeiten.

Wirkt ein bestimmter Druck auf eine Flüssigkeit, so kommt dieselbe, je nach Umständen, in stärkere Spannung oder in Bewegung. Das Erste ist der Fall, wenn die Flüssigkeit, in einem Behälter eingeschlossen, nicht ausweichen kann. Die abstossenden Kräfte werden stärker in Anspruch genommen; die Flüssigkeit zeigt also eine gewisse Spannung, die sich durch allseitigen Druck auf die ganze Wand des Behälters ändert. Als einfachster Durchmesser dient

eine in die Wand eingesetzte senkrechte Röhre; die Flüssigkeitssäule in der Röhre steht im Gleichgewicht mit der Flüssigkeit im Behälter und die Höhe der Flüssigkeitssäule dient als Maass der Spannung der Flüssigkeit im Behälter.

Wasser kann auf verschiedene Weise zum Ausströmen aus einem mit Oeffnung versehenen Behälter gebracht werden, z. B. durch die blosse Schwere der Wassersäule selbst, durch die Wirkung eines Stempels, oder den Druck der contractilen Wandung des Behälters u. s. w.; immer aber ist die Kraft, welche das Strömen verursacht, ausdrückbar durch die Höhe h, Fig. 25, einer Wassersäule in dem Behälter. Würde dem Ausfluss kein Widerstand entgegenstehen, so könnte die ganze Druckkraft h verwendet werden zur Herstellung der Bewegung; das Wasser würde alsdann aus der Mündung fliessen mit einer Geschwindigkeit, gleich derjenigen, die ein Körper erlangt hat, der durch den Raum h herabgefallen ist. Die Ausflussgeschwindigkeiten wachsen mit zunehmendem Druck (Höhe von h), sie verhalten sich bei den Drucken (h) 1, 4 und 9, wie 1, 2, 3, d. h. die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die Quadratwurzeln der Drucke und die Drucke wie die Quadrate der Geschwindigkeiten.

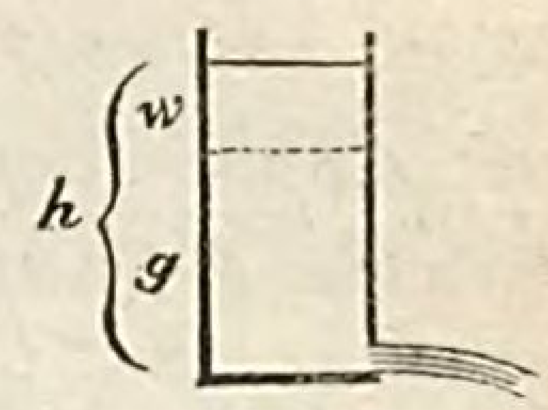


Fig. 25.

Die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers am Ende der ersten Secunde ist 30 Fuss (m), beim Beginn des Falles ist sie $= 0$; da sie durch die beständig wirkende Schwere in jedem Augenblick gleichförmig zunimmt, so ist die mittlere Geschwindigkeit während der ersten Secunde $\frac{30}{2} = 15$ Fuss. Diese Grösse stellt also auch den Fallraum in der ersten Secunde des Falles dar. Zwischen Fallraum (Druck) h und Geschwindigkeit c besteht die Relation $c^2 = 2mh$; woraus unmittelbar ersichtlich, dass die Drucke h sich verhalten wie die Quadrate der Ausflussgeschwindigkeiten und weiter folgt: $c = \sqrt{2mh}$, d. h. die Geschwindigkeiten verhalten sich wie die Quadratwurzel der Drucke.

Die wirklichen Ausflussgeschwindigkeiten sind aber immer geringer, weil das Wasser nicht ausströmen kann, ohne durch Reibung an der Ausflussmündung Widerstände zu erfahren. Die Kraft h wird demnach nicht bloss verwendet, um das Fliessen zu bewirken, sondern auch, um den beim Fliessen sich geltend machenden Widerständen das Gleichgewicht zu halten. Beide Kräfte können wiederum ausgedrückt werden durch die Höhen zweier Wassersäulen: die Widerstandshöhe w und die Geschwindigkeitshöhe g, so dass $w + g = h$.

Aus der beobachteten Ausflussgeschwindigkeit berechnet sich die Geschwindigkeitshöhe durch die Formel $h = \frac{c^2}{2m}$; also z. B. für die Geschwindigkeit von 30′ hat man die Geschwindigkeitshöhe $\frac{30 \,.\, 30}{2 \,.\, 30} = 15'$.

122. Ursache der Stromwiderstände.

Erfolgt der Ausfluss durch eine in den Behälter eingesetzte längere Röhre, so nehmen die Widerstände beträchtlich zu. Die Geschwindigkeitshöhe kann dann sehr viel kleiner werden als die Widerstandshöhe; die erstere ist unmittelbar demonstrirbar, wenn man das Wasser aus dem Röhrenende in einem senkrecht nach aufwärts gerichteten Strahl ausfliessen lässt.

Die Röhrenwand selbst zieht die unmittelbar angrenzende äusserste Wasserschicht derartig an, dass diese unbeweglich bleibt; eine Reibung zwischen dieser und der Röhrenwand findet also nicht statt. Dagegen müssen sich die Theilchen der zweitäussersten concentrischen Wasserschicht von denen der äussersten Schicht losreissen, sodass ihr Fliessen gehemmt wird. Dessgleichen reiben sich die Theilchen der dritten Schicht an denen der zweiten; der Kraftverlust ist aber schon etwas geringer, da auch die zweite Schicht in Bewegung begriffen ist. Es muss also bei diesen ungleichen Bewegungen die Cohäsion der an einander vorbeifliessenden Theilchen überwunden werden und zwar sind (für einen bestimmten Cohäsionsgrad einer gegebenen Flüssigkeit) die Reibungen, die zwei benachbarte Flüssigkeitsschichten auf einander ausüben, proportional den Geschwindigkeitsdifferenzen. Die Hemmung nimmt also ab gegen die Mitte der Röhre und zwar so, dass die Geschwindigkeitsunterschiede der von der Wandung nur etwas entfernteren concentrischen Schichten so gering sind, dass sie nicht mehr in Betracht kommen. Man unterscheidet somit: die mehr oder weniger dicke, ringförmige Wandschicht mit langsamem, und die Mittelschicht mit schnellem Fliessen, sowie die durchschnittliche Geschwindigkeit des Stromes in dem ganzen Querschnitt.

Nach Obigem bewegt sich eine Flüssigkeit nicht wie ein fester Körper, dessen Theilchen gleiche Geschwindigkeit haben und der nur an seiner Oberfläche Reibung erfährt; für unsere Ableitungen reicht aber die Annahme hin, dass die Widerstände von der Röhrenwandung ausgehen.

Es mag noch erinnert werden, dass der Umfang einer runden Röhre vom Durchmesser d = ist 3,14 d; der Querschnitt (Lumen) der Röhre = $\frac{3,14}{4} d^2$, ferner dass die Ausflussmenge = ist Röhrenlumen mal Geschwindigkeit, also die Geschwindigkeit = Ausflussmenge dividirt durch Röhrenlumen.

123. Das Fliessen aus gleichweiten geraden Röhren.

Dieser einfachste Fall soll zugleich dienen zur Erörterung einiger unentbehrlichen hydraulischen Grundlehren. Ist die Röhre in ihrem ganzen Verlauf gleichweit, so muss die Stromgeschwindigkeit (also auch die aus dieser berechenbare Geschwindigkeitshöhe) in jedem Röhrenquerschnitt dieselbe sein. Setzt man in die Röhre einige Druckmesser in gleichen Abständen von einander ein, Figur 26, so nehmen die Wasserhöhen in denselben gegen die Ausflussmündung ab; am Anfang der Röhre sind die Widerstände am grössten, an der Ausflussmündung dagegen sind sie = 0. In jedem Röhrenabschnitt muss aber, wegen der Gleichheit des Querschnittes, die den Vorgang überhaupt unterhaltende Kraft h in gleicher Weise abnehmen; die obersten Punkte der Wassersäulen in den auf einander folgenden Druckmessern liegen desshalb in einer gegen die Ausflussmündung hin sich senkenden Geraden. (Fig. 26, ausgezogene Linie.)

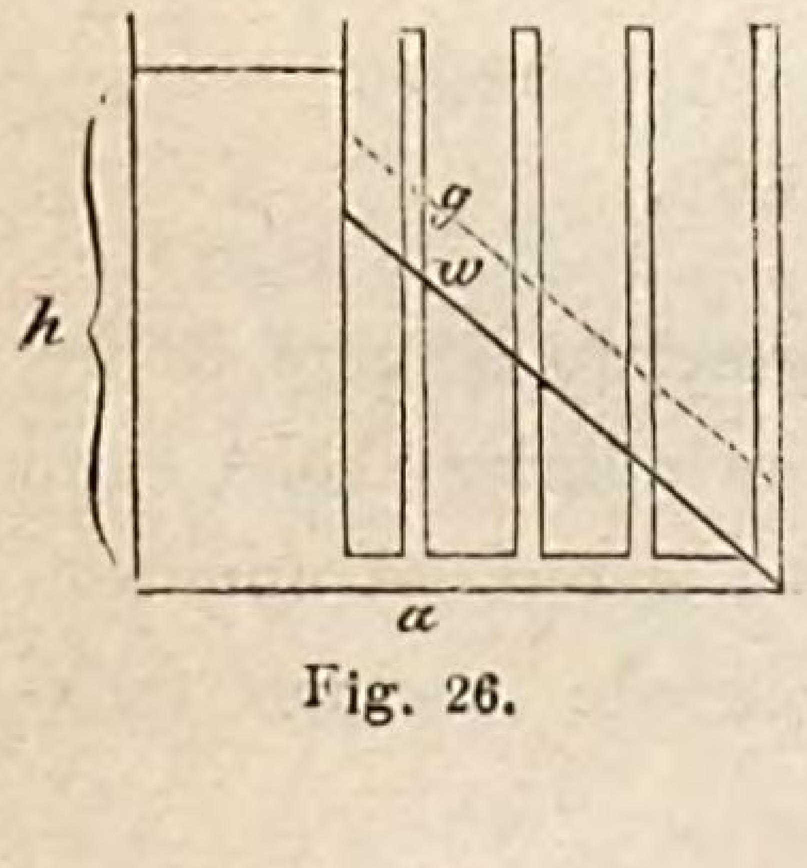


Fig. 26.

Denkt man sich zu den Widerstandshöhen in den Druckmessern noch hinzu die Geschwindigkeitshöhe *w g*, Figur 26, welche, wie bemerkt, überall dieselbe ist, so hat man an jedem Röhrenabschnitt die Kraft, welche von der ursprünglichen Druckkraft *h* noch übrig geblieben ist. In dem weiten Behälter bewegt sich das Wasser langsam; die Widerstände sind desshalb hier = 0, sie beginnen erst beim Einströmen in die Röhre; die ursprüngliche Kraft *h* wird desshalb allmälig verzehrt, sie ist an der Stelle des ersten Druckmessers schon auf den Werth *g a* gesunken.

Ein Theil der hemmenden Wirkungen folgt aus dem, in 122 hinlänglich motivirten, Vordersatz, dass die Hemmungen indirect von der Röhrenwand ausgehen. Desshalb wachsen die Widerstände, wenn die Berührungen vermehrt werden zwischen Wandung und Wasser. Folgende Einzelursachen bestimmen vorzugsweise die Widerstände:

1) Röhrenlänge. Man setzt verschieden lange Ausflussröhren in den Behälter und lässt das Wasser immer mit derselben Geschwindigkeit ausströmen; die Widerstände am Anfang der Röhren steigen dann proportional den zunehmenden Röhrenlängen, d. h. proportional den wachsenden Berührungen zwischen Wasser und Röhrenwand.

2) Röhrenquerschnitt. Je kleiner der Querschnitt, desto grösser wird im Verhältniss zu der freifliessenden Wasserschicht die gehemmte periphere Schicht; die Widerstände wachsen demnach ungefähr in dem Verhältniss als die Durchmesser abnehmen.

Mit zunehmender Röhrenperipherie wächst der Widerstand, d. h. die Berührung zwischen Wasser und Wandung, zugleich wächst aber auch die freifliessende Mittelschicht. Der Widerstand vertheilt sich auf das Wasser des ganzen Querschnittes also auf eine im quadratischen Verhältniss der Durchmesser zunehmende Wassermasse. Die Wirkungen der Röhrendurchmesser *d* werden somit ausgedrückt durch $\frac{d}{d^2} = \frac{1}{d}$, d. h. die Widerstände verhalten sich umgekehrt wie die Durchmesser. In Röhren von nur wenigen Millimetern Durchmesser wachsen aber die Widerstände noch rascher, als die Durchmesser abnehmen (s. auch 124).

3) Stromschnelle. Schnelleres Fliessen vermehrt die Berührungen zwischen Wasser und Röhrenwand und zwischen den mit verschiedenen Geschwindigkeiten begabten concentrischen Wasserschichten. Man kann bei grösseren, in Organismen aber nicht mehr vorkommenden, Stromschnellen annähernd annehmen, dass die Widerstände wachsen etwa im quadratischen Verhältniss der Geschwindigkeiten, d. h. den Geschwindigkeiten 1, 2, 3 würden entsprechen die Widerstände 1, 4, 9.

4) Wärme mindert die Widerstände, indem sie die Cohäsion der strömenden Theilchen herabsetzt.

5) Natur der Flüssigkeit, s. 124.

Die Geschwindigkeiten wachsen mit abnehmender Länge und zunehmendem Durchmesser der Röhren, mit steigender Temperatur, und hängen ausserdem noch ab von der Natur (Cohäsion) der Flüssigkeit selbst.

Endlich wachsen die Geschwindigkeiten Früherem zufolge (121) mit zu-

nehmender Grösse der, den Vorgang überhaupt unterhaltenden Kraft, d. h. der Druckhöhe h, jedoch bloss im Verhältniss wie die Quadratwurzeln der zunehmenden Druckhöhen. Da aber $h = g + w$, so muss, wenn h zunimmt, ausser der Geschwindigkeit auch der Widerstand wachsen; jedoch nimmt dann erfahrungsgemäss die Geschwindigkeit verhältnissmässig etwas stärker zu, als der Widerstand.

124. Fliessen in Haarröhrchen.

Das Fliessen durch Capillaren ist von Poiseuille und H. Jacobson untersucht worden; übrigens gehorchen auch weitere Röhren (bis etwa 3 Millimeter Durchmesser) denselben Normen.

Lässt man Wasser, das feine Körperchen suspendirt enthält, durch Glascapillaren fliessen, so ist an der Bewegung dieser Körperchen, die langsam fliessende Wandschicht (122) direkt wahrnehmbar. Je enger die Capillare, desto dicker wird die Wandschicht im Vergleich zur Mittelschicht; bei sehr engen Capillaren kann selbst der ganze Röhreninhalt gehemmt sein, indem der Druck von hinten nicht hinreicht, die in den Capillaren vorhandenen Widerstände zu besiegen. Die von der Röhrenwand ausgehenden Stromhemmungen sind demnach in Capillaren viel bedeutender, desshalb wachsen die Geschwindigkeiten nicht, wie bei weiteren Röhren, im einfachen Verhältniss wie die zunehmenden Durchmesser; bei 2 oder 3mal grösserem Durchmesser sind die Geschwindigkeiten nicht um das 2, resp. 3fache, sondern um das 4- und 9 fache grösser. Die Geschwindigkeiten in den Capillaren verhalten sich also wie die Quadrate der Durchmesser. Ausserdem verhalten sich die Geschwindigkeiten wie die Druckhöhen h und nicht, wie in weiteren Röhren, bloss wie die Quadratwurzeln der Druckhöhen.

Die Geschwindigkeiten wachsen in engen Röhren wiederum mit abnehmender Röhrenlänge und hängen nach Poiseuille und Graham in hohem Grade ab von der Natur der strömenden Flüssigkeit. Wässrige Lösungen von Salzen der Alkalien fliessen etwas schneller durch Capillaren als Wasser; Zusätze gewisser Säuren oder von Alkohol zum Wasser mindern dessen Geschwindigkeit. Serum fliesst fast noch einmal so langsam, defibrinirtes Blut aber 6 mal langsamer durch Capillaren als destillirtes Wasser. Das Blut setzt also vermöge seiner Beschaffenheit dem Strömen nicht unbedeutende Widerstände entgegen.

Das Röhrenmaterial ist ohne wahrnehmbaren Einfluss auf das Fliessen; es kann desshalb eine durch eine Röhre strömende Flüssigkeit angesehen werden, als umgeben von einer, aus der Flüssigkeit selbst gebildeten Wand, d. h. der stockenden Wandschicht. Die an Glascapillaren gewonnenen hydraulischen Erfahrungen sind demnach auch auf die Haargefässe des Organismus anwendbar.

125. Fliessen in unregelmässigen Röhren.

I) Röhre mit wechselndem Durchmesser. Die Röhre, Fig. 27, bestehe aus 3 gleichlangen Abschnitten 2, 4 und 1, deren Querschnitte sich

verhalten sollen wie diese Zahlen. Die in jedem der 3 Abschnitte enthaltenen Wasservolume sind somit den Querschnitten proportional; demnach muss sich Abschnitt 1 viermal entleeren, bis 4 einmal und Abschnitt 2 zweimal sich entleert haben. Die Stromschnellen verhalten sich also umgekehrt wie die Querschnitte; die Geschwindigkeitshöhen (= Abstände der punktirten und ausgezogenen Linie in der Figur) verhalten sich in den drei Abschnitten 2, 4 und 1 wie 4 : 1 : 16. Am stärksten sind die Widerstände in dem engen 1, am geringsten in 4; setzt man desshalb je 2 Druckmesser in jeden Abschnitt, und zwar in gleichen Abständen von einander ein, so müssen die Druckhöhen (ausgezogene Linie in der Figur) am meisten differiren zwischen den 2 Druckmessern von 1, am wenigsten in Abschnitt 4. Die Widerstände nehmen also hier nicht stetig ab gegen die Ausflussmündung hin.

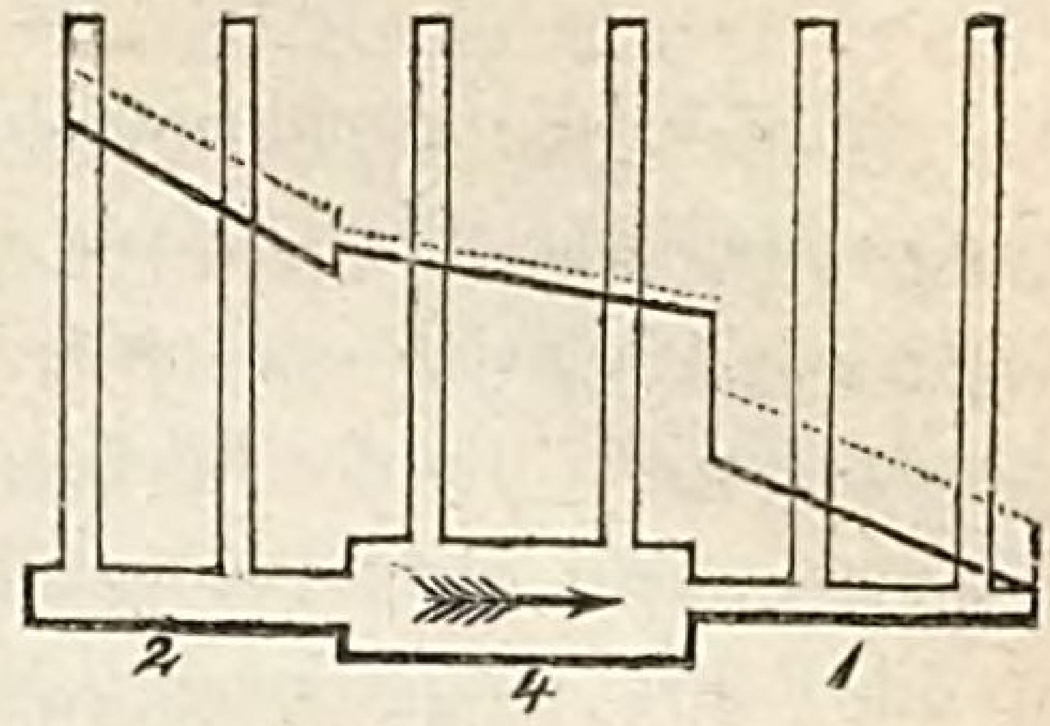


Fig. 27.

Eine besondere Erwähnung erfordern die Stellen, wo die Querschnittsveränderungen stattfinden. Die plötzliche Querschnittsminderung bedingt eine plötzliche Geschwindigkeitszunahme; Spannkraft wird somit in lebendige Kraft umgesetzt und die Druckhöhe sinkt während die Geschwindigkeitshöhe steigt unmittelbar an der Uebergangsstelle und etwas darüber hinaus (Jacobson). Die plötzliche Querschnittszunahme dagegen bedingt mit der Geschwindigkeitsabnahme eine Druckzunahme. Wenn die Querschnittsänderung nur stetig und allmälig erfolgt, so fallen diese Einflüsse weg.

II) Verzweigte Röhren. Wir betrachten bloss einen einfachen Fall der, die mannigfaltigsten Anordnungen zulassenden Röhrenverzweigungen. Die gleichweiten Röhren *a* und *v* Fig. 28 seien verbunden durch zwei Arme: den engen *e* und den weiteren *w*. Die Summe der Querschnitte von *e* und *w* sei grösser als der Querschnitt *a*; desshalb strömt das Wasser schneller in *a* und *v*, wogegen die mittlere Stromschnelle in *e* und *w* zusammengenommen, geringer ist. In *w* aber ist das Strömen rascher als in dem, grössere Widerstände bietenden *e*. Letzteres zeigt ausserdem eine plötzliche Krümmung, das Wasser stosst also gegen die convexe Seite der Röhrenwand, diess veranlasst Erschütterungen der Röhrenwand und Wirbelungen, und somit nothwendig einen Kraftverlust. Erfolgt aber die Krümmung allmälig, wie in *w*, so ist die Richtungsänderung der Theilchen in jedem Augenblick nur unbedeutend, die convexe Seite der Röhrenwand empfängt somit schwächere Stösse und die dadurch verursachte Stromhemmung wird geringer.

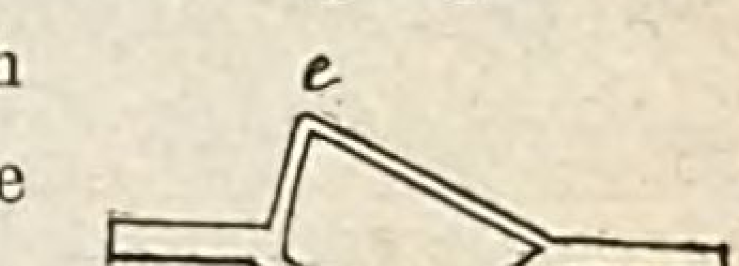


Fig. 28.

Die durch die Röhrenwinkel gesetzten Widerstände werden um so grösser, je spitzer die Winkel und je grösser die Stromgeschwindigkeiten sind. Der Einfluss der Krümmungen ist aber nur dann merklich, wenn die übrigen Widerstandsursachen klein sind, also bei kleinen Thieren mit relativ geringem Blutdruck, viel weniger aber bei grösseren Thieren.

126. Fliessen in elastischen Röhren.

Wird in die Ausflussmündung des Behälters eine elastische Röhre eingefügt, so geschieht das Fliessen wie in einer starren Röhre. Der Einfluss des Röhrenmaterials zeigt sich erst, wenn das Wasser durch ein Pumpwerk zum Strömen gebracht wird; die das Fliessen unterhaltende Kraft (unsere Druckhöhe *h*) wirkt nunmehr nicht gleichmässig, sondern das Wasser wird in periodischen Stössen in die Röhre eingetrieben. Aehnliche Bedingungen wiederholen sich bei der Herzpumpe; das Fliessen in elastischen Röhren wird, nach Vorausschickung der betreffenden physiologischen Thatsachen, erst in 150 abgehandelt.

Man füllt eine lange elastische Röhre mit Wasser, versieht deren Ausflussmündung mit einem Hahn und setzt in das andere Ende eine Spritze, sowie im Verlauf der Röhre einige Druckmesser ein (Volkmann, E. H. Weber). Fängt, nach Oeffnung des Hahnes das Wasser an zu fliessen, so sinken die Wasserstände in den Druckmessern; wird aber durch eine schnelle Stempelbewegung neues Wasser in den Anfang der Röhre eingetrieben, und zwar in grösserer Menge als während der Stempelbewegung gleichzeitig aus der Ausflussmündung auslaufen kann, so erweitert sich zunächst das Anfangsstück der Röhre, die Wassersäulen in den ersten Druckmessern steigen und das Wasser fliesst hier mit grösserer Geschwindigkeit. Kommt der Stempel in Ruhe, so zieht sich das gedehnte Anfangsstück wieder zusammen; dadurch wird das überschüssige Wasser weiter getrieben, also ein entfernterer Röhrenabschnitt gedehnt und so schreiten Dehnung und Zusammenziehung wellenförmig bis zur Ausflussmündung schnell weiter.

Folgt die jeweilige Eintreibung von neuem Wasser in das Anfangsstück der Röhre schnell aufeinander, so wird die Röhre immer gehörig prall erhalten; das Wasser fliesst dann beständig aus, aber zunehmend schneller während des Stosses, zunehmend langsamer während der Ruhe des Stempels. Dessgleichen wechseln die Drucke in den Druckmessern unaufhörlich, sie nehmen zu während der Bewegung, und ab während der Ruhe des Stempels. Alle diese Veränderungen sind schwächer in den, der Ausflussmündung näheren Röhrentheilen.

B. Herzthätigkeit.

127. Systole und Diastole.

Jeder Abschnitt des Herzens zeigt ein ununterbrochenes Wechselspiel systolischer und diastolischer Zustände. Die Systole ist das aktive Moment; die Muskulatur der Wandung zieht sich zusammen, presst das in der Höhle befindliche Blut und treibt dasselbe nach vorwärts. Die Diastole ist der Ruhezustand der Herzmuskulatur; dieselbe erschlafft und wird nachgiebig, so dass die Herzhöhle neues Blut von hinten her aufnehmen kann. Die Aufgabe des Herzens

besteht in einem kräftigen Vorwärtsschieben des Blutes, ein Rückwärtsfliessen findet nicht statt; zur Verhütung des Rückflusses sind an gewissen Stellen Klappen angebracht, welche dem Blute den Durchgang nur nach einer Richtung gestatten. Die Systolen und Diastolen erfolgen jeweils gemeinsam und gleichzeitig in den gleichnamigen Abschnitten des rechten und linken Herzens. Das Herz des erwachsenen Menschen schlägt im Zustande der Körperruhe 72 mal in der Minute; diese Durchschnittszahl erleidet jedoch nach Alter, Geschlecht, Körpergrösse, Constitution, Muskelthätigkeit, Schlaf, Wachen u. s. w. vielfache Abänderungen (s. die Physiologie des Gesammtorganismus).

128. Rhythmik der Systole und Diastole.

Beide Zustände dauern in der Kammer nahezu gleich lang; dagegen ist im Vorhof die Systole viel kürzer als die Diastole, sie verhält sich zur letzteren etwa wie 1 zu 2 bis 3. Während der Systole der Kammern sind die Vorkammern diastolisch; während der Kammerdiastole dagegen sind die Vorkammern anfangs ebenfalls diastolisch, erst später werden sie systolisch. Demnach ist die Vorkammersystole ein kurzer Vorschlag der Kammersystole. Die ausgezeichneten Curven der Figur bezeichnen die Kammer, die punktirten die Vorkammer; die Curven über *a a* die Systolen, die unteren die Diastolen. Die Zeitwerthe sind durch die Linie *a a* ausgedrückt. Die Figur stellt zwei Herzschläge dar.

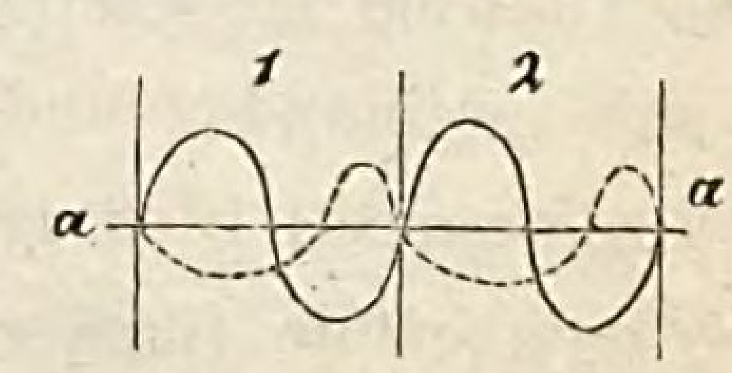


Fig. 29.

Die Messung der Systole- und Diastolezeiten der einzelnen Herzabschnitte ist mit grossen Schwierigkeiten verbunden. Die Hauptmethoden sind: 1) Beobachtung am blossgelegten Herzen; 2) Einstechen von Nadeln durch die unversehrte Brustwand in Kammer und Vorkammer; 3) Beobachtung des Pulses grosser Arterien, dessen Zeitverhältnisse denen der linken Herzkammer nahezu entsprechen; 4) Marey schiebt von der Jugularvene 2 Röhren bis in den rechten Vorhof und Ventrikel und von der Carotis aus eine solche in den linken Ventrikel. Das untere Ende der Röhren ist mit einem elastischen Beutelchen versehen, sodass der sich zusammenziehende Herztheil Luft aus der Röhre verdrängt und ein ähnliches Beutelchen am freien Ende der Röhre ausdehnt. Letztere Bewegung wird mittelst eines Schreibapparates auf das Kymographion verzeichnet. Die Einführung der Röhren in's Herz führt natürlich zu unberechenbaren Störungen. 5) Volkmann benutzte die Herztöne (131); der erste Ton beginnt mit der Systole ventriculi, der zweite mit der Diastole ventriculi. Nach Volkmann verhält sich die Zeit der Systole zur Diastole des Ventrikels wie 100 : 96. Dafür spricht auch das Resultat der Betastung des Herzstosses an der unversehrten Brustwand (131), ein Verfahren, das vielleicht noch untrüglichere Resultate gibt als die Auscultation und bei einem seltenen Herzpuls sogleich überzeugt, dass die Diastole keineswegs merklich länger ist als die Systole ventriculi.

Nach Donders, der ebenfalls auf der Auscultation der Herztöne fusst, soll im ruhenden Zustand des Körpers die Ventrikelsystole eine nahezu constante Dauer ($^1/_3$ Secunde) haben; was für 72 Schläge in der Minute ein Verhältniss von 82 : 100 ergeben würde. Bei Muskelanstrengung soll die Systolezeit des Ventrikels relativ noch mehr verkürzt werden.

129. Vorkammerdiastole.

Die Vorgänge sind im Wesentlichen dieselben in den gleichnamigen Abschnitten des rechten und linken Herzens. Der rechte Vorhof empfängt drei

Blutzuflüsse: 1) aus der Herzmuskulatur, 2) aus Kopf, Hals, oberen Gliedmaassen und Brustwand (obere Hohlvene) und 3) alles übrige Venenblut des Körpers (untere Hohlvene, deren Querschnitt etwa das Doppelte von dem der oberen Hohlvene beträgt). Den linken Vorhof versehen die Lungenvenen mit Blut.

Das Blut in den genannten Venen steht unter einem stärkeren Druck und strömt desshalb in den Vorhof ein, dessen Wandung passiv ausgedehnt wird. Die Räumlichkeit des Vorhofs an sich, also die Aufnahme von neuem Venenblut, ist beschränkt; das Nachrücken weiterer Massen wird aber ermöglicht durch folgende Einrichtungen: 1) zugleich mit der Diastole der Vorkammer beginnt die Systole der Kammer; die Atrioventricularklappen treten während die einander gegenüberstehenden Klappenränder dicht beisammen liegen, abwärts in die Kammerhöhle und schliessen dadurch einen, im Verlauf der Kammersystole immer grösser werdenden kegelförmigen Raum ein, in welchen das Vorkammerblut nachströmt, d. h. der Vorkammerraum wird bedeutend erweitert auf Kosten des Kammerraumes und dadurch befähigt, noch mehr Blut aus den Venen aufzunehmen. 2) Gegen Ende der Vorkammerdiastole beginnt die Diastole der Kammer; die bisher schliessenden Atrioventricularklappen treten jetzt auseinander und das in dem erwähnten kegelförmigen Raum enthaltene (Vorkammer-) Blut gehört nunmehr der sich ausdehnenden Kammer selbst an, so dass in die (immer noch diastolische) Vorkammer wiederum neues Blut aus den Venen nachrücken kann.

Die nun folgende Systole der Vorkammer hat also nur die Aufgabe, durch Eintreibung eines neuen Blutquantums die Füllung der Kammer mit Blut zu vollenden. Die Systole verbreitet sich vom Herzohr und den Venenmündungen aus schnellstens über die Vorkammer gegen das Ostium atrio-ventriculare. Die Lungenvenenmündungen haben keine Klappen; in der rechten Vorkammer verlegt die Thebesische Klappe die Mündung der grossen Herzvene nur unvollkommen; noch viel weniger ist die beim Erwachsenen viel zu kleine und oft netzförmig durchbrochene Eustachi'sche Klappe im Stande, die Mündung der unteren Hohlader zu verschliessen. Die obere Hohlvene ist klappenlos. Gleichwohl aber findet ein, früher vielfach angenommenes, Zurückweichen von Blut aus den systolischen Vorkammern in die Venen nicht statt.

Würde ein Theil des Vorkammerblutes während der Systole der Vorkammer in die Venen zurückfliessen, so müssten die Zweige der Cava superior durch eine gegen die Peripherie verlaufende Blutwelle ausgedehnt und der Blutdruck in einem, in dieselben seitlich eingesetzten Druckmesser, a tempo mit der Vorkammersystole erhöht werden. Beides ist aber nicht der Fall.

Die Vorkammern fahren aber auch während ihrer Systole fort, Blut aus den Venen zu empfangen. Beweis: die Kammer erweitert sich relativ beträchtlich während der Systole der Vorkammer; wogegen letztere sich nur wenig verkleinert. Dieses Missverhältniss zwischen Kammererweiterung und Vorkammerverengerung lässt keine andere Deutung zu, als dass die Zuflüsse zu den Vorkammern auch während der Systolen derselben noch fortdauern.

Man hat vielfach nach Einrichtungen gesucht, welche das Zurückweichen des Blutes in die Venen erschweren, und als solche genannt: die Zusammenziehung der Vorkammer von den Venenmündungen aus gegen die Kammer hin; die Ringfasern um die während der Systole jedenfalls enger werdenden Venenmündungen; die Richtung des venösen Blutstromes gegen die Vorkammer u. s. w. Alle diese Einrichtungen würden den Rückfluss nicht wirksam verhüten. Gleichmässigkeit der Venenzuflüsse ist, wie es scheint, eine Hauptaufgabe für die Herzpumpe und die Systolen und Diastolen müssen in Vorkammern und Kammern derartig sich ausgleichen, dass eine solche Regelmässigkeit der Blutzufuhren möglichst erreicht werden kann.

130. Herzkammerbewegung.

Die vorhergegangene Kammersystole hat das Blut in die Pulmonalarterie (resp. Aorta) getrieben, deren Semilunarklappen während der ganzen Dauer der Kammerdiastole verschlossen bleiben, wodurch dem Arterienblut der Rückgang in die Kammer verwehrt wird. Mit beginnender Kammerdiastole erschlafft die Kammerwand, die Atrioventricularklappen geben dem stärkeren Druck des Vorkammerblutes nach, sie treten auseinander und das Blut strömt aus der, jetzt noch diastolischen (128), Vorkammer in die Kammer; die sogleich folgende Vorkammersystole vollendet die Füllung der Kammer, deren Wandung passiv gespannt wird.

Mit dem plötzlichen Aufhören der Vorkammersystole macht sich die elastische Spannung der Kammerwand geltend; das Blut wird gegen die Vorkammer zurückgetrieben, drückt auf die untere Fläche der in den Kammerraum herabhängenden Zipfel der Atrioventricularklappen und fängt sich in denselben. Die Klappen blähen sich auf und weichen zurück in die Ebene der Vorkammermündung, wobei ihre Ränder sich genau aneinanderlegen und den Rückfluss von Blut in die Vorkammer verhüten. S. beistehende Figur. Der Verschluss der Atrioventricularklappen wird demnach, ohne active Muskelwirkung, unmittelbar vor der Kammersystole augenblicklich hergestellt.

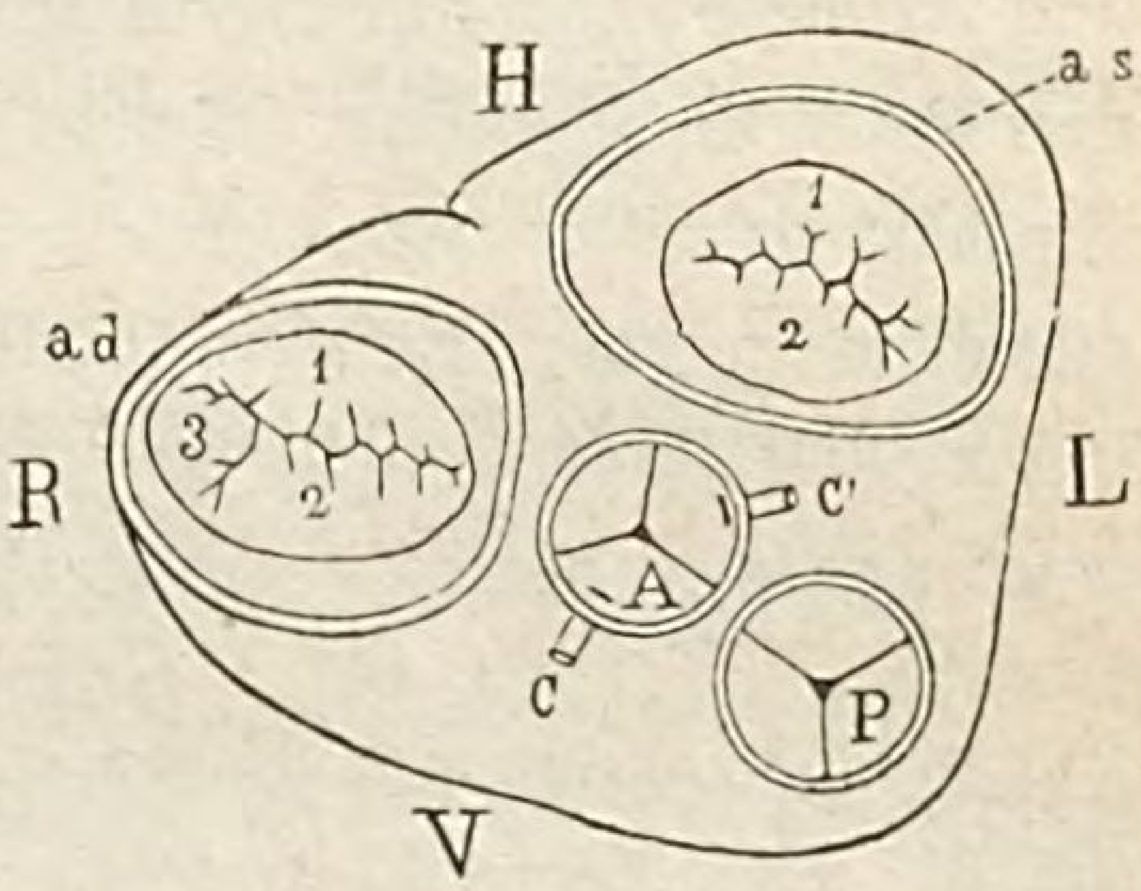


Fig. 30.

Fig. 30 Formen und Stellungen der Herzklappen beim Verschluss. *V* vorn, *H* hinten u. s. w. *a. s.* Aufgeschnittene obere Wand der linken Vorkammer. 1 hinterer, 2 grösserer oder vorderer (sog. Aorten-) Zipfel der Bicuspidalis. *a. d.* Aufgeschnittene obere Wand der rechten Vorkammer. 1 hinterer (oder Scheidewands-) Zipfel, 2 grosser vorderer, 3 kleiner vorderer (resp. äusserer) Zipfel der Tricuspidalis. *P*, Art. pulmonalis mit ihren 3 Semilunarklappen. *A*, Aorta. *c* Art. coronaria dextra, *c'* coronaria sinistra.

Mit der Systole der Kammer beginnt die aktive Rolle der Atrioventricularklappen. Die Papillarmuskeln verkürzen sich und ziehen vermittelst ihrer Sehnenfäden die Klappen in der Richtung gegen die Herzspitze, während zugleich der Klappenverschluss fortbesteht. Schliesslich verschwinden die Papillarmuskeln vollständig in der Muskulatur der Herzwand.

Das Zurückschlagen der Klappen in die Vorhöfe wird durch die Sehnenfäden verhütet und der Schluss der Klappenränder, bei ihrem Herabsteigen während der Systole, dadurch ermöglicht, dass derselbe Papillarmuskel Sehnenfäden zu den einander gegenüberstehenden Rändern je zweier Klappenzipfel schickt.

Zur Raumminderung der Kammer trägt bei die Contraction der Wandung, ganz besonders aber das Herabsteigen der Atrioventricularklappe, d. h. die Bildung eines in den Kammerraum ragenden Conus, wodurch der Vorkammerraum sich in die Kammer verlängert (Purkinje). Dieser wichtige Mechanismus gestattet, dass der eigentliche Kammerraum zu Ende der Systole fast auf Null reducirt und eine grosse Blutmasse ausgetrieben werden kann, ohne beträchtliche Verkürzung der äusseren Contouren, d. h. der gesammten Muskulatur der Kammerwand. Indem die Verkleinerung des Kammerraumes vorzugsweis den herabsteigenden Atrioventricularklappen, resp. ihren unter sehr günstigen Bedingungen arbeitenden Papillarmuskeln, übertragen ist, wird die Arbeit der Muskulatur der Kammerwandung wesentlich erleichtert.

Der Druck des Kammerblutes überwindet den Gegendruck der arteriellen Blutsäule, die Semilunaren erheben sich sogleich mit dem Beginn der Kammersystole, und gestatten dem Blut den Ausweg in die Arterie. Eine Anlagerung der Klappen an die Arterienwand findet nicht statt, indem zwischen Klappen und Arterienwand (Sinus Valsalvae) immer etwas Blut vorhanden ist. Mit beginnender Kammerdiastole zieht sich die gespannte Arterie zusammen, drückt zunächst das Blut zwischen ihr und den aufgerichteten Klappen und schlägt dieselben zurück. Letztere bilden bei ihrem Verschluss eine eigenthümliche Figur; die Klappenränder legen sich so aneinander, dass drei Radien gebildet werden, die in der Mitte unter Winkeln von je 120° zusammenstossen.

Durch eine vollständige Anlagerung der Klappen an die Arterienwand würde das schnelle und regelrechte Zurückklappen der Semilunaren erschwert (Hamberger). Dasselbe muss der Fall sein, wenn die Arterienwand ihre Elasticität eingebüsst hat.

131. Nebenerscheinungen der Herzthätigkeit.

I. Die Grössen- und Formänderungen sind nicht bedeutend an den Vorkammern. Die Kammern verkürzen sich merklich während der Systole im Längen- und Breiten-Durchmesser, während sie sich wölben im Durchmesser von der Wirbelsäule zum Brustbein. Die systolische Kammer nimmt mehr eine Kegelform an, wobei die Herzspitze sich verschmälert.

II. Ortsveränderung. Während der Kammersystole rückt das ganze Herz etwas von oben und rechts nach abwärts und links; zugleich erfolgt eine, wenigstens am blossgelegten kräftigeren Herzen auffallendere:

III. Drehung der Ventrikel um die Längsaxe (Kürschner), und zwar von links nach rechts, wodurch die linke Kammer mehr zum Vorschein kommt. Die Diastole führt zur Drehung im entgegengesetzten Sinn. Die Abwärtsbewegung (II) und (die von Vielen geläugnete) Drehung vereinigen sich zu einer schraubenartigen Bewegung längs der Brustwand. Die Drehbe-

wegung hängt davon ab, dass viele Fleischfasern von der Kammerbasis aus schief von rechts nach links von der Vorder- zur Hinterfläche des Herzens verlaufen.

IV. Herzstoss. Derselbe ist zwischen der fünften und sechsten Rippe, etwas zur Seite des linken Brustbeinrandes am deutlichsten fühlbar und, bei irgend stärkerer Herzthätigkeit (z. B. Körperbewegung) oder bei mageren Personen, auch sichtbar. Der Stoss erfolgt gleichzeitig mit der Kammersystole und dem Arterienpuls und entsteht vorzugsweise dadurch, dass die praller werdende systolische Kammer in die nachgiebigen Zwischenrippenräume eingetrieben wird und zwar am deutlichsten mit der der Herzspitze entsprechenden Stelle.

Das ausgeschnittene, auf eine Unterlage gelegte Herz zeigt öfters eine starke Erhebung der Ventrikelspitze während der Kammersystole. Im unversehrten Thier weicht aber die Herzspitze nicht bedeutend von der Brustwand zurück, um während der Kammersystole an dieselbe anzuklopfen. Diese Bewegung trägt desshalb zum Herzstoss viel weniger bei, als die Aufwölbung des praller werdenden Ventrikels.

V. Herztöne. Laennec entdeckte, dass die Herzbewegungen begleitet sind von zwei Tönen. Der erste, mit dem Herzstoss beginnende, ist dumpfer, tiefer und länger; er wird verursacht durch die Schwingungen der gespannten Atrioventrikularklappen, wozu sich das die Ventrikelcontraction begleitende Muskelgeräusch (80) gesellt. Der zweite Ton ist heller, kürzer, höher, er beginnt mit der Kammerdiastole und ist die Folge der Anspannung der Semilunarklappen.

132. Allgemeine Bedingungen der Herzbewegungen.

Zahlreiche Erfahrungen beweisen, dass die Herzthätigkeit in ihrer Rhythmik und Energie von Einflüssen abhängt, die sowohl im Organ selbst, als ausserhalb desselben zu suchen sind. Aus diesem Grund accommodirt sich die Herzthätigkeit dem jeweiligen Zustand des Gesammtorganismus in wunderbarer Weise und es ist die Aufgabe der Wissenschaft, die Bedingungen aufzusuchen, durch welche diese Accommodation vermittelt wird. Da wir es aber hier mit einer ohne Zweifel sehr grossen Zahl von Einflüssen zu thun haben, welche zum Theil in entgegengesetzter Richtung wirken und deren Wirkungsgrösse zudem nicht oder nur annähernd bestimmbar ist, so kann an die vollständige Erklärung einer bestimmten Schlagfolge und Kraftleistung des Herzens im gegebenen Einzelfall vorerst nicht gedacht werden. Namentlich hat der Arzt sich zu hüten, eine bestimmte Störung der Herzthätigkeit auf eine einzige Ursache, wie es so häufig geschieht, vorzugsweise zurückzuführen; sowie er auch in der Auswahl der auf das Herz wirkenden Medicamente nicht vergessen darf, dass in vielen Fällen die eben vorhandene Abnormität der Functionirung die beste Form ist, in welcher das gestörte Organ seiner Aufgabe für den Gesammtorganismus nachkommen kann. Unter den allgemeinen Bedingungen der Herzthätigkeit haben wir hervorzuheben:

I) Stoffwechsel der Herzmuskulatur. Die Thätigkeit des

Herzens ist an die gehörige Blut- und Sauerstoffzufuhr, überhaupt an die allgemeinen Bedingungen der Ernährung und des Stoffwechsels gebunden. Diese Bedingungen sind nach dem Tode nicht sogleich aufgehoben; desshalb pulsirt das Herz auch dann noch einige Zeit, ja selbst das ausgeschnittene blutleere Herz fährt fort sich im normalen Rhythmus zu bewegen, bei Warmblütern mehrere Minuten, bei Kaltblütern sogar Stunden hindurch. Die Bewegungen werden aber bald seltener und schwächer, die Diastolezeiten nehmen zu, die Systolen sind in den Vorkammern zahlreicher als in den Kammern, die Gleichzeitigkeit der Systolen des linken und rechten Herzens wird gestört, die Contractionen erfolgen nur partiell, d. h. bloss in einzelnen Muskelbündeln eines Herzabschnittes; zuletzt bewegen sich nur noch die Vorkammern, namentlich die rechte.

Mechanische, chemische, galvanische und Wärmereize können übrigens auch an dem schon zum Stillstand gekommenen Herzen einzelne Contractionen auslösen; vor Allem bethätigt Injection warmen geschlagenen Blutes (von der Jugularvene aus) in das Herz, resp. die Herzgefässe, die erlahmenden oder schon völlig verschwundenen Pulsationen auf's Neue. Kohlensäuregas, Schwefelwasserstoffgas u. s. w. bringen die Pulsationen schnell zum Stillstand.

Am längsten pulsirt das ausgeschnittene Froschherz in Sauerstoffgas, viel weniger lang in Stick- und in Wasserstoffgas, sowie im Vacuum der Luftpumpe, vorausgesetzt, dass der Raum durch Wassergas feucht erhalten wird (Bernstein).

II) Nervencentren im Herzen. Das Fortbestehen der Herzbewegungen auch nach dem Ausschneiden des Organs beweist, dass die nächste, eigentliche Ursache der rhythmischen Bewegungen im Herzen selbst zu suchen ist. Als Centralorgane functioniren kleine Ganglien (133), welche durch Nervengeflechte mit einander verbunden sind.

III) Herznerven. Das Herznervengeflecht stammt zunächst aus dem Halstheil und obersten Brusttheil des sympathischen Grenzstranges und dem N. vagus. Die Vaguszweige des Herzens führen jedoch auch Fasern, die ursprünglich dem N. accessorius angehören.

Die Nerven, welche den Plexus cardiacus zusammensetzen, sowie die Centren dieser Nerven in der Medulla oblongata und dem Rückenmark sind nicht die eigentlichen Ursachen der Herzbewegung, dagegen sind sie im Stande, die Rhythmik und Stärke der Herzpulsationen eingreifend abzuändern. Auch können zahlreiche Nervenbahnen Reflexe auf die Herznerven, mittelst des Vagus- (Accessorius-)centrums übertragen (136). Dem unmittelbaren Willenseinfluss sind die Herzbewegungen entzogen.

IV) Der Widerstand der Blutmasse. Sind (nach 77) Stärke und Dauer der durch einen momentanen Reiz bewirkten Muskelverkürzung von der Belastung des Muskels abhängig, so muss auf die Zahl und Stärke der Contractionen der einzelnen Herzabschnitte (alle übrigen Bedingungen gleichgesetzt) der, der Austreibung des Blutes aus der Herzhöhle entgegenstehende Widerstand von Einfluss sein. Steigerung des arteriellen Blutdruckes im Aortensystem, z. B. durch Unterbindung der Abdominalaorta, vermehrt in der That die Zahl der Herzschläge bedeutend. Allgemein ausgedrückt wird also die Zahl und

Stärke der Herzcontractionen, abhängen müsse von dem Verhältniss der jeweiligen Herzkraft zu dem entgegenstehenden Widerstand der Blutmasse. Nimmt z. B. die Herzkraft rasch ab im Verblutenden, so steigt die Zahl der Herzschläge trotz der Minderung des arteriellen Blutdruckes.

133. Bewegungscentren im Herzen.

Nicht jeder Abschnitt des Herzens ist fähig, für sich und unabhängig vom Ganzen in rhythmische Verkürzungen zu gerathen, sondern nur diejenigen Theile des Organes, welche die gangliösen Nervencentren enthalten; schneidet oder bindet man diese Stellen ab, so pulsiren sie noch fort, wogegen die abgetrennten Herztheile niederen Ranges in diastolischen Stillstand verfallen (Volkmann, Bidder). Kleine mikroskopische Ganglien, die durch Geflechte mit einander zusammenhängen, fanden Bidder u. A. im Hohlvenensinus, der Scheidewand der Vorhöfe, der Vorhof-Kammergrenze und der Hinterwand der Kammer.

Das Froschherz, auf welches obige Behauptungen zunächst sich beziehen, besteht aus einer rechten Vorkammer, welche aus einem pulsirenden Venensinus das Venenblut des Körpers aufnimmt, und einer kleineren linken Vorkammer, die das Lungenvenenblut empfängt, während die einfache Kammer zunächst einen Bulbus arteriosus abgibt, der sich sogleich in einen rechten und linken Aortenstamm spaltet.

I. Schneidet oder bindet man von der Kammer des Froschherzens die Spitze ab, so pulsirt die Kammerbasis fort; die Spitze aber steht stille, doch kommt sie nach direkter momentaner Reizung in einmalige Contraction. II. Wird der Schnitt oder die Ligatur durch die Grenze der Kammer und Vorkammern geführt, so pulsiren letztere ungestört fort, während die Kammer viel seltener schlägt, unter Umständen auch anhaltend erschlafft bleibt. Oertliche Reize, welche die stillstehende Kammer treffen, veranlassen in der Regel eine Anzahl aufeinanderfolgender rhythmischer Bewegungen. III. Unterbindet man die Einmündung des Hohlvenensinus in die rechte Vorkammer, so stehen Kammer und Vorkammern längere Zeit diastolisch stille, während der Sinus fortpulsirt; unterbindet man nunmehr die Atrioventriculargrenze, so schlägt wenigstens die Kammer wieder (Stannius). Abschneiden des Venensinus (resp. Ventrikels) wirkt nach Bezold meist wie die Abbindung, namentlich wenn die Trennung unter Oel geschieht und dadurch der Luftreiz abgehalten wird (Goltz).

Nach Colin besitzen auch in Säugethieren (Hund, Katze) die Hohlvenen zunächst der Vorkammer eine Schicht quergestreifter Muskelfasern und die obere Hohlvene eine sinuöse Erweiterung; beide Venae cavae pulsiren deutlich und gleichzeitig mit der Vorkammer und die Pulsationen bestehen auch dann fort, wenn man die Hohlvenen vom Vorhof abbindet.

Diesen Versuchen zufolge gewinnen die einzelnen Abschnitte des Herzens an Selbstständigkeit ihrer rhythmischen Bewegungen im Allgemeinen in der Richtung gegen die Venen. Sie scheinen aber auch darauf hinzudeuten, dass die Gangliencentren der einzelnen Abschnitte des Herzens verschieden functioniren; die Ganglien der Vorhofsscheidewand scheinen einen hemmenden, die

übrigen Ganglien einen beschleunigenden Einfluss auf die Herzbewegungen auszuüben.

Die abgetrennte Ventrikelspitze reagirt auf den constanten elektrischen Strom wie ein gewöhnlicher Muskel, d. h. bloss mit Schliessungs- und Oeffnungszuckung, während der constante Strom das ganze Herz, oder Herzstücke von höherer Dignität, zu vermehrten rhythmischen Pulsationen veranlasst.

Das javanische Pfeilgift Antiar wirkt verschieden auf die zwei Hauptabtheilungen des Froschherzens; die Kammer kommt in systolischen Stillstand, während die Vorkammern noch ziemlich lange fortpulsiren, um schliesslich in Erschlaffung zu gerathen. Desshalb ist die Kammer blutleer und contrahirt, während die Vorkammern strotzend mit Blut gefüllt sind. Andere Gifte, z. B. Blausäure, Sublimat, wirken lähmend auf das ganze Herz.

134. Einflüsse der Herznerven.

Werden im Säugethier die Nervi vagi am Halse durchschnitten, so nimmt die der Zahl Herzschläge sogleich bedeutend zu, in Thieren mit seltenem Puls sogar um's Doppelte und darüber. Dagegen veranlasst nach Ed. Weber und Budge mässige Erregung eines oder beider Vagi (am besten mittelst schnell auf einanderfolgender Inductionsschläge) alsbald eine Verminderung der Zahl der Herzschläge, starke Erregung aber vollkommenen Stillstand des Herzens im Zustande der Diastole, wobei sich die Herzhöhlen, besonders die Vorhöfe, stark mit Blut füllen. Aehnliche Erfolge erhält man nach Reizung der durchschnittenen Nerven unterhalb der Schnittstelle, sodass die Wirkung der Vagusreizung auf das Herz von keinem durch die Nervencentren vermittelten Reflexe abzuleiten ist. Der Herzstillstand dauert verschieden lange Zeit, die Bewegungen treten übrigens wieder ein trotz fortgesetzter Vagusreizung; auch ist während dieses Stillstandes die Erregbarkeit des Organs keineswegs aufgehoben; denn örtliche Reizung desselben löst eine, gewöhnlich einmalige, Zusammenziehung der Vorhöfe, und sodann der Kammern aus.

Im Frosch macht die Reizung des Vagus Herzstillstand, dagegen ist die Durchschneidung desselben ohne Wirkung (Budge).

Die Nervenfasern des Vagusstammes, deren Reizung die Herzbewegungen hemmt, stammen nach Waller und Schiff vom N. accessorius her. Reisst man letzteren im Foramen jugulare aus, so kann man nach 2—3 Tagen durch Reizung des Vagus derselben Seite keinen Herzstillstand mehr erzielen, wohl aber nach Ansprache des Vagus der anderen Seite.

Würde die ganze Wirkung der im Vagusstamm enthaltenen Herznerven vom Accessorius herrühren, so müsste nach Ausreissung beider Accessorii eine (starke) Erhöhung der Pulsfrequenz eintreten. Nach Heidenhain findet letzteres (in der Regel) statt; nach Schiff aber tritt diese Wirkung nach der Accessoriusausreissung nicht ein, sodass die Fasern des Vagusstammes, deren Durchschneidung die Herzschläge vermehrt, als dem Vagus ursprünglich angehörig zu betrachten wären.

Um den direkten Einfluss der zweiten Hauptquelle des Plexus cardiacus: des Sympathicus, auf die Zahl der Herzschläge zu untersuchen, hält man sich an den durchschnittenen Halsgrenzstrang selbstverständlich unterhalb der Schnittstelle. Nach Bezold verlangsamt in der Regel die Durchschneidung die

Herzschläge (ein wenig); während Reizung etwas beschleunigend wirkt. Diese Wirkungen sind somit denen des Vagus entgegengesetzt, aber viel schwächer.

Ausnahmsweis bleibt Durchschneidung wie Reizung beider Halsgrenzstränge im Kaninchen ohne Erfolg auf die Pulsfrequenz, namentlich dann, wenn der Puls schon vorher sehr frequent ist; es kann sogar die Pulsfrequenz vermehrt werden in Folge der Durchschneidung und abnehmen bei Reizung des Sympathicus.

Im letzten Fall schliesst wohl der Sympathicus Fasern ein, die dem Vagus functionell gleichwerthig sind; während in der Regel der die Herzbewegungen beschleunigende Sympathicuseinfluss (mässig) sich geltend macht, der im ersten Ausnahmefall vielleicht desshalb nicht zur Wirkung kommen kann, weil schon anderweitige Momente die Pulsfrequenz bedeutend gesteigert haben.

Ed. Weber hat zuerst hervorgehoben, dass die zum Herzen gehenden Vagusfasern keine motorischen sein können, weil ihre Reizung keine Verstärkung der Herzbewegungen, sondern das Gegentheil bewirkt. Es bleibe somit nur übrig, die sympathischen Fasern als die eigentlich motorischen des Herzens aufzufassen, dagegen den Vagi einen regulatorischen (hemmenden) Einfluss auf die vom Sympathicus beständig ausgehenden Bewegungsimpulse zuzuschreiben. Nach Durchschneidung der Vagi falle dieser Einfluss weg, daher die Vermehrung der Herzschläge; nach Reizung der Nerven dagegen mache sich die regulatorische Wirkung in Herabsetzung der Herzpulse direkt geltend. Weber stellte desshalb eine besondere Classe von Nerven auf, die sog. Hemmungsnerven, deren Reizung unter allen Umständen Verminderung oder vorübergehende Aufhebung von (periodischen) Bewegungen zur Folge habe.

Erwägt man ferner, dass discontinuirliche Reizung motorischer Nerven Tetanus macht, das Herz aber durch Reize der Art nicht in Tetanus versetzt werden kann; dass ferner Curare die motorischen Nerven, nicht aber die Herzzweige des Vagus lähmt; dass endlich Atropin, ins Blut gespritzt, den Herzvagus schon zu einer Zeit lähmt, wo alle andern Nerven noch leistungsfähig sind, so muss der Herzvagus (Accessorius) aus der Classe der motorischen Nerven gestrichen werden.

Nach 132 liegt die nächste Ursache der Herzrhythmik im Herzen selbst, resp. den kleinen Ganglien der Herzwandungen. Daher ist es schon aus physiologischen Gründen wahrscheinlich, dass die betreffenden Vagusfasern in den Ganglien des Herzens enden, und dass erst von den Nervenkörperchen der Herzganglien die eigentlich motorischen, in die Herzmuskulatur sich einsenkenden Nervenfasern des Herzens entspringen. Bidder konnte unlängst diese Ansicht bestätigen durch anatomische Untersuchung der Beziehungen des Vagus zu den Herzganglien am Frosche, in welchem alle Herznervenfasern in der Vagusbahn verlaufen. 2 Monate nach Durchschneidung der beiden Herzzweige des Vagus (welche nicht bei allen Thieren tödtlich wirkt) waren die doppelt contourirten Herznervenfasern vollkommen entartet (60), während die Nervenkörperchen und die viel zahlreicheren, schmalen blassen Nervenfasern vollkommen erhalten waren. Die Vagusfasern würden demnach die Herzganglien derartig influiren, dass die von letzteren ausgehenden motorischen Erregungen periodische Bewegungen des Organs auslösen.

135. Einfluss der Nervencentren auf das Herz.

Die Reizung der Vagus- (resp. Accessorius-)centren im verlängerten Mark und Rückenmark wirkt auf die Herzbewegungen wie die Reizung des Vagusstammes, vorausgesetzt, dass die Erregung keine Nebenwirkungen auf anderweitige Nervenfasern, und dadurch einen anderen Endeffekt hervorbringt. So wirkt die Unterbrechung des Athmens vorübergehend ebenfalls wie die Vagusreizung und zwar durch den Reiz, welchen der veränderte Gasgehalt des Blutes im Accessoriuscentrum verursacht (Thiry). Legt man (bei künstlicher Unterhaltung des Athmens) das Kaninchenherz bloss und unterbricht sodann das Lufteinblasen in die Lungen, so werden die Herzbewegungen nicht sogleich verändert, wenn auch das linke Herz anfängt sich mit dunkelem Blute zu füllen; nach einigen Secunden aber gelangt stark venöses Blut in die Nerven-

centren, das Herz schlägt jetzt seltener und steht selbst vorübergehend diastolisch still.

Dieselben Erscheinungen bietet das Herz beim Athmen von Wasserstoffgas; es ist also nicht der Kohlensäurereichthum, sondern der Sauerstoffmangel, welcher das Accessoriuscentrum reizt. Alle diese Wirkungen fehlen nach Durchschneidung der Vagi (resp. Ausreissung der Accessorii), sowie nach Durchschneidung des verlängerten Markes am hinteren Rande des Kleinhirnes (Thiry). Dadurch erhält man eine Pulsverminderung bei Aufhebung des Athmens nach Quertrennung des verlängerten Markes unterhalb der Spitze der Schreibfeder; also stammt mindestens eine Anzahl der auf das Herz wirkenden Accessoriusfasern aus dem verlängerten Mark.

Durchschneidet man die Vagi und Halssympathici, um den bekannten Einfluss dieser Nerven auszuschliessen, so bewirkt discontinuirliche elektrische Reizung des verlängerten Markes oder des Rückenmarkes Zunahme der Herzschläge und des Blutdruckes (Bezold). Die Reizung jener Centraltheile wirkt aber zugleich auf die Gefässnervencentren (146), sodass zahlreiche Arterien verengt und damit die Widerstände bedeutend vermehrt werden, welche die Ventrikelcontraction zu überwinden hat. Nach Ludwig und Thiry tritt jene Wirkung der Rückenmarksreizung auch dann ein, wenn vorher sämmtliche das Herznervengeflecht zusammensetzenden Nervenfasern (galvanocaustisch) durchschnitten wurden.

Um die Frage zu entscheiden, ob in der Medulla oblongata und dem oberen Theil des Rückenmarkes ein zweites Nervencentrum enthalten sei, welches — entgegen der oben erwähnten Wirkung des Accessoriuscentrums — die Herzschläge beschleunigt, muss die genannte Nebenwirkung auf die Gefässnerven ausgeschlossen werden. Die N. splanchnici enthalten zahlreiche Gefässnerven, nach ihrer Durchschneidung nimmt (s. 147) der arterielle Blutdruck bedeutend ab; wird (wiederum nach Trennung der Vagi und Halssympathici) nunmehr das oberste Halsmark gereizt, so steigt die Zahl der Herzpulse deutlich, nicht aber der arterielle Blutdruck (Bezold, Cyon). Durchschneidet man das Rückenmark in der Höhe des zweiten Brustwirbels, unterhalb dessen erst die wichtigsten Gefässnerven, namentlich die Splanchnicuselemente, abgehen, so wirkt Reizung des Halsmarkels wiederum pulsbeschleunigend (Bezold). Die vom Rückenmark zum Plexus cardiacus verlaufenden pulsbeschleunigenden Fasern verlassen demnach das Rückenmark oberhalb des 2ten Brustwirbels. Nach Cyon treten diese Nerven im Kaninchen durch das unterste Halsganglion und die 2 obersten Brustganglien des sympathischen Grenzstranges zum Plexus cardiacus.

136. Reflexe auf die Herznerven.

Reflexe von sensibelen Nerven auf den Herzvagus. Die Reizung verschiedener sensibeler Nerven verlangsamt im Kaninchen den Herzschlag; diese, durch die Medulla oblongata als Reflexcentrum vermittelte, Wirkung bleibt aus nach Durchschneidung der Vagi (Accessorii).

Reflexe vom Sympathicus auf den Herzvagus. Wird der

sympathische Grenzstrang des Kaninchens beiderseits in der untersten Halsportion durchschnitten, und sodann eine Stelle oberhalb des Schnittes gereizt, so sinkt die Pulsfrequenz; eine Wirkung die ausbleibt nach Durchschneidung der Vagi oder Zerstörung des verlängerten Markes (Bernstein).

Durchschnitt ferner Bernstein im Frosche die sympathischen Grenzstränge in der Bauchgegend, so trat nach Reizung der unteren Schnittenden ebenfalls Abnahme der Zahl der Herzschläge ein, eine Wirkung, die ausblieb nach Durchschneidung der Vagi, oder der Medulla oblongata, oder des Rückenmarks in der Höhe des 4ten Wirbels. Der sympathische Grenzstrang gibt also Fasern durch die Rami communicantes an das Rückenmark ab, die in letzterem zu den Vagusursprüngen aufsteigen.

Auch die N. splanchnici enthalten Nervenfasern, deren Erregung (unter Vermittelung des Rückenmarks und verlängerten Markes) die N. vagi reflectorisch reizt und Herzstillstand hervorruft (Goltz). Nach vorheriger Durchschneidung der Vagi bleibt diese Wirkung aus.

Der Wille übt keinen direkten Einfluss auf die Herzbewegungen; die oft tiefgreifende Wirkung der Gemüthsbewegungen auf die Rhythmik und Stärke der Herzthätigkeit z. B. das Herzklopfen der Angst, lässt mehrdeutige Erklärungen zu; ein Theil dieser Einflüsse kann von plötzlichen Veränderungen in den Arterienlumina (146) bedingt sein. Der momentane Herzstillstand wird wohl vom Vagus aus verursacht.

C. Blutbewegung in den Gefässen.

137. Ausdehnung und Zusammenziehung der Arterien.

Die Kammersystole treibt neues Blut in das, prall gefüllte, Arteriensystem, und zwar eine grössere Menge als das letztere gleichzeitig in die Venen abgibt. Desshalb zeigen die Arterien während der Kammersystole 1) Zunahme des Blutdruckes, 2) schnelleres Fliessen und 3) Ausdehnung ihrer elastischen Wandungen. Hört während der Kammerdiastole die Herzwirkung auf, so ziehen sich die Arterien zusammen, und zwar bis zum Beginn der nächsten Systole. Dadurch wird das Blut in beständiger Vorwärtsbewegung erhalten; die eingreifende Bedeutung der Arterienelasticität besteht also darin, dass sie die bloss stossweis wirkende Kraft der Herzkämmern umsetzt in eine continuirliche aber stossweis vermehrte Kraft.

Die Bewegungen der Arterien erfolgen in die Quere und Länge. Während der Kammerdiastole wird die Arterie weiter und länger: eine gerade Arterie z. B. nimmt eine leichte Biegung an, die besonders deutlich wird an Gefässen, die auf längere Strecken blossgelegt und zugleich von hindernden Nachbartheilen befreit werden. Während der Kammerdiastole nimmt das Lumen ab, unter gleichzeitiger Geradestreckung der vorher gebogenen Arterie.

Grössere Arterien erweitern sich etwa um $^1/_{15}$ ihres Lumens, was einigermaassen stimmt mit der Blutmenge, die durch eine Kammersystole in das Aortensystem eingetrieben wird, und mit der freilich nur beiläufig möglichen Taxation des ganzen arteriellen Blutvorrathes (etwa $^1/_3$ der ganzen Blutmasse).

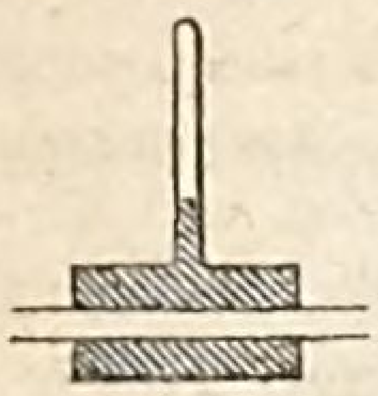


Fig. 31.

Zur Messung der pulsatorischen Lumenerweiterung brachte Poiseuille eine Strecke einer blossgelegten, sonst aber in ihrem normalen Zusammenhang erhaltenen Arterie in ein, mit einem graduirten Glasröhrchen versehenes Kästchen, Fig. 31. Die hermetische Einfügung des Gefässes wurde durch einen abnehmbaren Deckel des Kästchens ermöglicht. Das Kästchen und das Röhrchen bis zu einer gewissen Höhe wurden mit Wasser gefüllt und aus dem Steigen des letzteren während der Kammersystole die Lumenerweiterung berechnet.

138. Untersuchung des Arterienpulses.

Legt man den Finger so auf eine Arterie, dass dieselbe mässig gedrückt wird, so nimmt man während der Arterienausdehnung ein Prallerwerden wahr. Für das Getast sind jedoch die meisten Eigenschaften des so flüchtig vorbeigehenden Pulses nicht erkennbar. Zur Selbstregistrirung der Pulsbewegungen dient das Sphygmograph von Vierordt. Die Messingstange *a b*, Figur 32

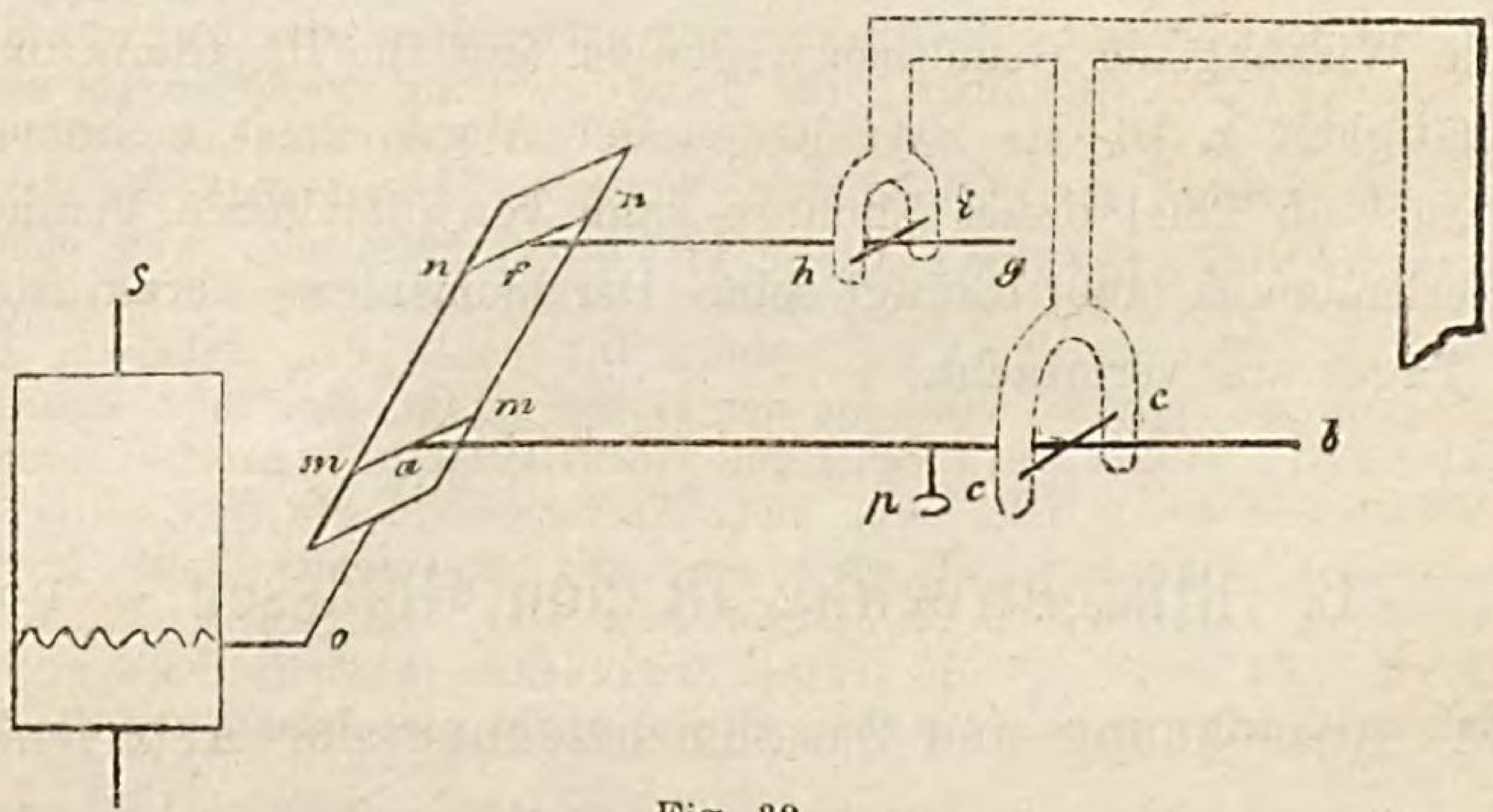


Fig. 32.

dreht sich um die horizontale Axe *c c* in senkrechter Ebene. Ein von *a b* abgehender Stift endet in das Plättchen *p*; letzteres drückt ein wenig auf die unter ihm liegende Arterie. Bei der Ausdehnung der Arterie wird demnach das Plättchen *p* ein wenig, das Ende *a* der Messingstange dagegen stark erhoben. Die Bewegungen der Arterien könnten also bei *a* auf ein Papier vergrössert aufgeschrieben werden. Spannt man das Papier auf einen Cylinder, der um die senkrechte Axe *s s* mit gleichmässiger Geschwindigkeit sich dreht (140), so erhält man die abwechselnden Expansionen und Contractionen der Arterie in ihrer zeitlichen Reihenfolge als Pulswellen aufgezeichnet. Das freie Ende *a* der Stange beschreibt einen kleinen Kreisbogen; diese Bewegung muss, da das Papier senkrecht steht, in eine senkrecht geradlinige umgesetzt werden. Diess geschieht vermittelst des Gegenlenkers *f g*, der sich ebenfalls um eine horizontale Axe *h i* dreht. Die mit den Stangen *f g* und *a b* beweglich verbundenen horizontalen Axen *n n* und *m m* sind mit feinen Spitzen in das viereckige Rähmchen eingelassen, von welchem das Stift *o* abgeht, an

dem ein Haar befestigt ist. Letzteres schreibt die Pulswellen auf das mit Russ überzogene Papier; die Zeichnung wird auf dem Papier mittelst eines Firnisses fixirt.

Um die Arterie erreichen zu können, muss das Plättchen *p* einen gewissen Druck auf die Haut ausüben. Dieser Druck wird in der Art hergestellt, dass eine am kurzen Hebelarm *b* befindliche Wagschale so beschwert wird, dass der lange Arm *a* in erforderlicher Weise entlastet werden kann. Jeder Puls verlangt eine bestimmte Belastung und es gehört zu den nothwendigsten Anforderungen an eine Pulsmaschine, dass die Belastung je nach Bedürfniss abgeändert werden kann. Zu starke oder zu schwache Belastungen geben abnorm kurze Expansionszeiten; die erstere, weil wegen der starken Belastung die Arterie sich nicht vollständig expandiren kann; die letztere, weil der zu leichte Hebelarm von dem relativ kräftigen Puls emporgeschleudert wird und noch während der Zeit der wirklichen Expansion der Arterie wieder zurücksinkt. Wegen der geringen Kraft des Radialpulses ist der Apparat leicht gearbeitet. Der Träger des Apparates ist nur zum Theil (durch punktirte Linien) angegeben. Zu Versuchen am Menschen eignet sich ausser der Radialis noch die Cruralis. Die Excursionen des Hebels dürfen eine gewisse Grenze nicht überschreiten, sonst greifen schädliche Eigenschwingungen des oscillirenden Apparates ein (140). Man vermeidet diese sicher, wenn man das Plättchen *p* in einen grösseren Abstand von der Axe *cc* bringt, d. h. wenn man die Pulsbilder verkleinert. Den unumstösslichen Beweis, dass keine Eigenschwingungen eingreifen, liefert der aussetzende Puls: der Sphygmograph verzeichnet während desselben eine horizontale Linie (Fig. 35, *i*).

In dem, von Marey später construirten Sphygmographen wird die Arterie durch ein elastisches Metallplättchen comprimirt, das seine Bewegung wiederum auf einen schreibenden Fühlhebel überträgt. Die Anbringungsweise des Plättchens an den Puls ist von der Art, dass der Apparat lediglich artefacte Pulsbilder aufschreibt; die Expansionszeit des Normalpulses beträgt hier nur $^1/_{20}$ der gesammten Pulsdauer, was unmöglich ist; Doppelschwingungen (also artefacte »dicrotische« Pulse), statt einer einzigen, sind sehr häufig und werden selbst als Regel angesehen. Die durch den Hebelarm angegebene zweite Schwingung ist so stark, dass sie der Finger nothwendig fühlen müsste; das ist aber nicht der Fall, sodass die Erscheinung unzweifelhaft als Artefact anzusehen ist. Macht der Hebel eine zweite oder noch mehr Nachschwingungen, so betrachten Einige diese Erscheinung in allem Ernst als »tricroten« und »polycroten« Puls. Mittelst dieses Apparates erhaltene zahlreiche pathologische Pulsbilder, die Duchek, Wolff und Andere zum Theil als specifisch für gewisse Krankheiten beschrieb, die sich in Abentheuerlichkeit der Formen gegenseitig überbieten, beruhen ausnahmslos auf Nichtwürdigung dieser Fehlerquellen.

139. Haupteigenschaften des Pulses.

I. Durchschnittliche Dauer der Einzelpulse, gewöhnlich angegeben als sogenannte Pulsfrequenz, d. h. als Zahl der Pulsschläge in einer Minute (72 im Menschen). Man unterscheidet den häufigen Puls, p. frequens, gegenüber dem seltenen, p. rarus. Die zahlreichen hier eingreifenden Einflüsse s. in der Physiologie des Gesammtorganismus.

II. Schwankungen der Dauer der Einzelpulse. Die Dauern der in einer längeren Reihe aufeinander folgenden normalen Pulse variiren etwa um 37 %, d. h. der längste Schlag dauert 137 Zeittheilchen, wenn der kürzeste = 100 gesetzt wird.

Je frequenter der Puls, desto mehr gleichen sich die Dauern der Einzelpulse. Beim Gebrauch der Digitalis, wobei die Pulsfrequenz auf 50, 30, ja noch weniger Schläge sinken kann, weichen die Pulsdauern bis um das Dreifache von einander ab. Die Expansionszeiten der Einzelpulse (Kammersystole) variiren mehr als die Contractionszeiten (Kammerdiastole).

III. Pulscelerität, d. h. das Verhältniss der Expansionszeit *e* zur

Fig. 33.

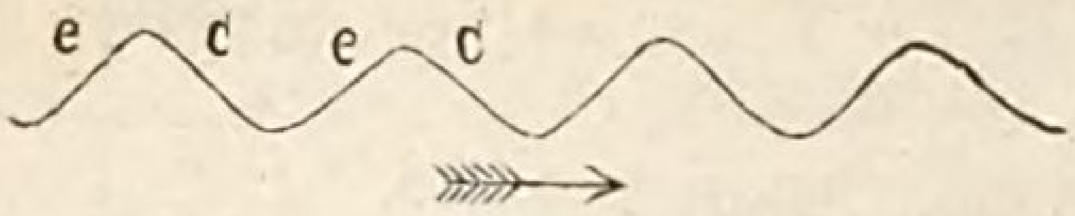


Fig. 34.

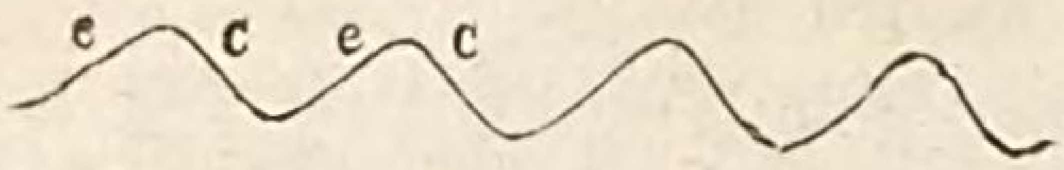
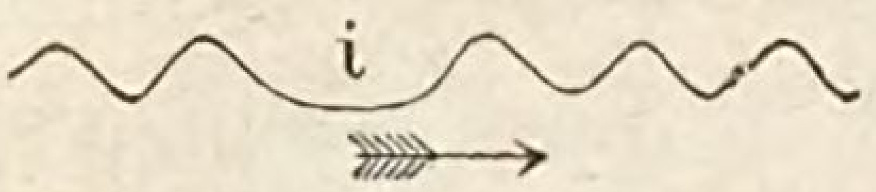


Fig. 35.



Contractionszeit *c*. Wird erstere = 100 gesetzt, so nimmt die Contraction durchschnittlich 106 Zeittheilchen in Anspruch, die Kammersystole also währt im Menschen und Warmblüter nur ein Minimum kürzer als die Diastole. Beim schnellen Puls (p. celer), Fig. 33 überwiegt die Contractionszeit, (z. B. 136 gegen 100). Beim trägen Puls (p. tardus) schlägt die Expansionszeit (Figur 34) vor, z. B. 100 Exp. 80 Cont.). Die Celerität ist von der Pulsfrequenz unabhängig.

IV. Aussetzender Puls. Wir unterscheiden: 1) die wahre Intermission entsprechend einer fortgesetzten Diastole der Herzkammer, und 2) die falsche. Die Kammersystole fehlt hier keineswegs, man spürt in der Herzgegend ein Gefühl (während die übrigen normalen Herzschläge keine Empfindungen setzen), aber die Systole ist zu schwach, sie kann das Kammerblut nicht gehörig spannen, also die Aortenklappen nicht öffnen.

Abgesehen von Krankheiten des Herzens, ist die Pulsintermission keine seltene Erscheinung, besonders zur Pubertätszeit und im höhern Greisenalter. Begünstigt wird sie namentlich durch längeres Fasten. Die Intermission dauert (Figur 35 *i*) bei Gesunden meist etwas länger als ein Pulsschlag.

V. Pulsgrösse. Beim grossen Puls wird ein ansehnliches Blutvolum in die Arterie eingetrieben. Im Allgemeinen ist der Puls gross, wenn er selten und träge ist. Klein (und vielfach auch »häufig«) wird er bei geminderter Herzkraft und bei grösseren Widerständen der arteriellen Blutsäule.

VI. Doppelschlägiger Puls (dicrotus). Statt eines Schlages empfängt der Finger zwei; der erste ist stärker und länger. Dieser Puls kommt wahrscheinlich nie in allen Arterien zugleich vor. Abgesehen von Krankheiten tritt er, jedoch sehr selten, ein bei Gesunden während des Gehens.

Der Dicrotus ist nicht sicher erklärt; gewiss ist, dass ihm keine zwei Kammersystolen entsprechen; er kann wohl verursacht werden entweder durch eine in einer anderen Arterienprovinz erregte, und in die dicrotischen Arterien eindringende Welle, oder durch ein Hinderniss, welches die Blutwelle in ihre früheren Durchgangsorte reflectirt.

140. Arterieller Blutdruck.

Die ersten Bestimmungen der Art hat Hales ausgeführt. Er band eine Glasröhre in die Arterie und maass die Höhe, welche das Blut in der senkrechten Röhre erreichte. Sie betrug beim Pferde 8 bis 10 und noch mehr Fusse.

Zweckmässig ist es, ehe man das Blut eindringen lässt, die unten mit einem Hahn versehene und der Reinigung wegen in einige Stücke zerlegbare Röhre mit einer die Gerinnung verhindernden Salzlösung, z. B. von kohlensaurem Natron zu füllen; der Versuch kann dann viel länger fortgesetzt werden.

Die gerade Röhre ersetzte Poiseuille durch ein Manometer. Der Apparat, Haemodynamometer genannt, besteht aus einer Uförmig gebo-

genen Glasröhre, Fig. 36, deren kürzerer Schenkel bei *c* in eine elastische Röhre *e* übergeht. Letztere ist mittelst eines passenden, mit einem Hahn versehenen Einsatzstückes, verbunden mit dem Blutgefäss *g*. Beide senkrechten Schenkel werden bis zu den Punkten *b* und *a* mit Quecksilber gefüllt; der Raum zwischen *b* und *g* dagegen mit Salzlösung. Dringt, nach Oeffnung des Hahnes, das Blut aus *g* in *e* ein, so sinkt die Hgsäule im kurzen Schenkel, z. B. bis *b'*, während sie in dem gleichweiten, langen Schenkel um eben so viel, bis *a'* steigt. Sehen wir von gewissen Correcturen ab, so ist die Blutspannung ausgedrückt durch die Höhe der Hgsäule von *a'* bis *b'* = der zweifachen Höhe *a* bis *a'*. Durch Multiplication dieser Hg säule mit 13½ erhält man den Druck ausgedrückt als Blutsäulenhöhe.

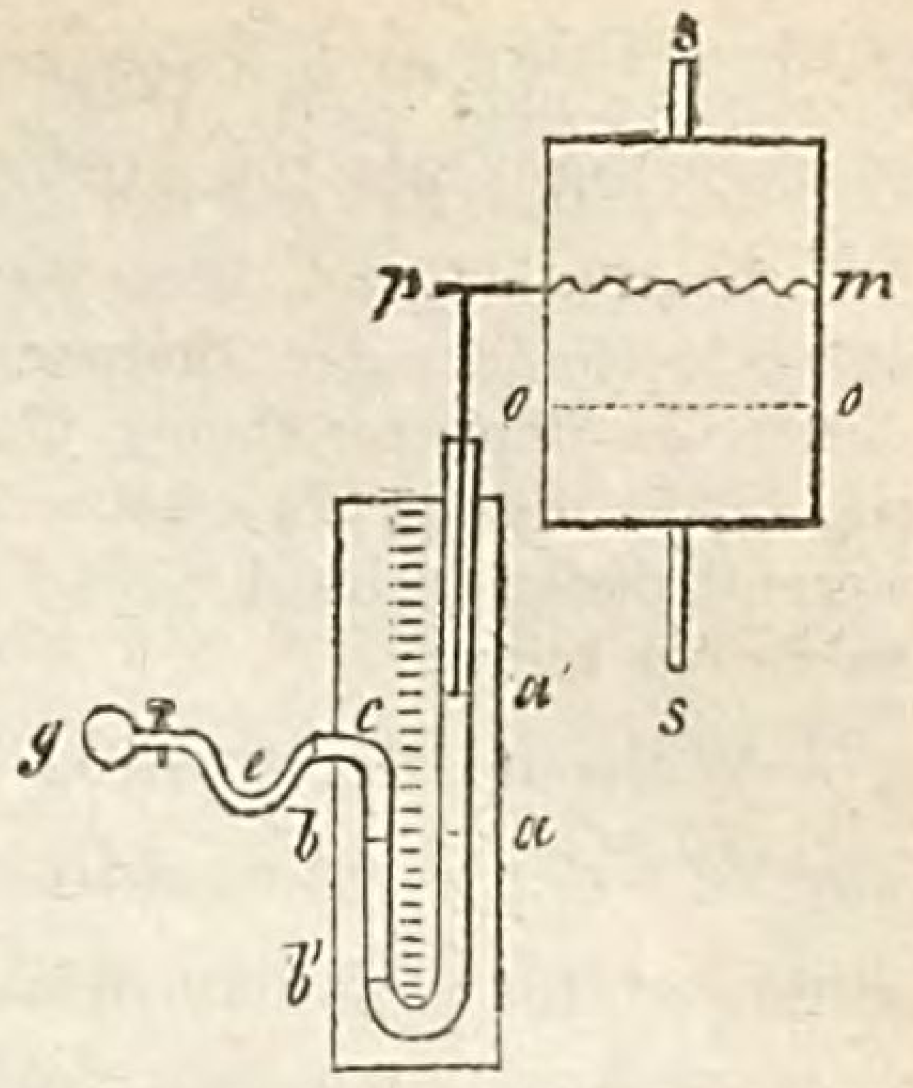


Fig. 36.

Das Quecksilber bewegt sich, ungefähr dem Puls entsprechend, schnell auf und ab. Zur Selbstregistrirung dieser Schwingungen setzte Ludwig auf *a* ein Stäbchen, dessen oberes Ende einen Pinsel *p* trägt. Letzterer zeichnet somit die Hg bewegungen auf einen um die senkrechte Axe *s s* sich drehenden Cylinder (Kymographion), der mit Papier überzogen ist. Ein in der Abbildung weggelassenes Uhrwerk sorgt für gleichmässige Umdrehung des Cylinders.

Vor Oeffnung des Hahns schreibt der Pinsel eine dem Nulldruck entsprechende Horizontale *o—o* auf das Papier. Die senkrechte *o m*, zweifach genommen, gibt also annähernd den Blutdruck an in Hg höhen.

Die Quecksilberstände sind aber keineswegs reine Ausdrücke der Druckschwankungen im Gefässrohr. Die Hg schwingungen hängen nämlich, wie Redtenbacher zeigte, nicht bloss ab von den wechselnden Blutspannungen, sondern auch von den Eigenschwingungen des Hg selbst. Desshalb entsprechen sowohl die Höhen als Formen der verschiedenen Puls- (und Athem-) wellen häufig nicht entfernt den wirklichen Spannungsänderungen des Blutes (Vierordt). Artefacte Doppelpulse werden oftmals aufgeschrieben, ja selbst mehr Pulswellen, als die Arterie Schläge vollführt.

Eine Verengerung im Manometer setzt den Quecksilberschwankungen Widerstände entgegen und hebt sie selbst auf, so dass nunmehr der mittlere Blutdruck annähernd angegeben wird. Zu diesem Zweck setzt Marey eine Capillarröhre in den einen Schenkel ein. Setschenow bringt an der Biegungsstelle des Manometers einen Hahn an, mit dessen zunehmender Drehung die pulsatorischen und respiratorischen Druckschwankungen immer kleiner werden, bis sie schliesslich ganz aufhören.

Fick empfiehlt das Bourdon'sche Manometer zur Messung des arteriellen Blutdruckes. Dasselbe besteht aus einer kreisförmig gekrümmten hohlen Messingfeder, die mit Alkohol gefüllt wird. Das feste Ende der Feder steht mittelst eines elastischen Schlauches mit der Arterie in Verbindung; das freie Ende zeigt die Druckschwankungen an und verzeichnet dieselbe auf das Kymographion. Bidder und Schummer erhielten in wiederholten Graduirungen des Apparats bei einer und derselben Druckhöhe sehr verschiedene Ausschläge; überhaupt trägt derselbe, wie man leicht sieht, die Bedingungen der Eigenschwingungen in hohem Grade in sich.

Der mittlere Druck beträgt in der Carotis oder Cruralis, nach Poiseuille, Ludwig, Volkmann u. A. beim Pferd 280, Hund 150, Kaninchen 70—100 Millimeter Hg. Fische bieten Werthe von 18—40, Frösche von 25 M. m. in den zugänglichen Arterien. In den kleineren Arterien nimmt der Blutdruck allmälig etwas ab; Volkmann fand z. B. in einem Kalb in der Carotis 116,

in der Metatarsea dagegen 89 M. m. Hg. In der Lungenblutbahn ist der Druck viel geringer als im Aortensystem.

Ludwig und Beutner erhielten in der Art. pulmonalis 12—30 M. m.; der störende Einfluss der Thoraxeröffnung ist dabei aber nicht zu ermitteln; auch bietet die durch die Thoraxeröffnung nicht wesentlich veränderte Blutdruckhöhe im Arteriensystem, wie leicht einzusehen, keine Bürgschaft dafür, dass auch in der kleinen Blutbahn die wesentlichsten hydraulischen Bedingungen, trotz des so tief eingreifenden Versuches, gleich geblieben seien.

Während der Systole der Herzkammer steigt der arterielle Blutdruck, um zur Zeit der Diastole wieder zu sinken. Diese Schwanknngen hängen natürlich zunächst ab von dem Räumlichkeitsverhältnisse der Blutgefässe und des Dynamometers; sie betragen (die gewöhnlichen Manometerdimensionen vorausgesetzt) bei mittelgrossen Thieren etwa 5—10 M. m. Hg; sie sind um so geringer, je grösser die Pulszahlen und je kleiner die Arterien. Die von den Athembewegungen abhängigen Druckschwankungen s. 144.

141. Capillargefässe.

Malpighi beobachtete zuerst unter dem Mikroskop das Fliessen des Blutes in den Capillaren. Man wählt zur Betrachtung des prächtigen Phänomens durchsichtige Theile, den Schwanz der Froschlarve, oder die Schwimmhaut des ausgebildeten Thieres; ausserdem dessen Lunge, Leberrand, Zunge; von den schon wegen der Kleinheit ihrer Blutkörperchen minder geeigneten Säugethieren das Gekröse, oder die Flügel der Fledermaus. Die scheinbar bedeutende Geschwindigkeit des Fliessens hängt von der vergrössernden Wirkung des Mikroskopes ab. Eine andere Methode zur Betrachtung des Blutlaufes in den Capillaren der Netzhaut des eigenen Auges s. 435.

Die hydraulisch wichtigsten Eigenschaften der Capillaren sind: 1) die Kleinheit der Durchmesser. Derselbe beträgt durchschnittlich etwa $^{1}/_{250}$ Linie, an den dickeren Capillaren $^{1}/_{200}$ bis $^{1}/_{100}$ und selbst noch mehr; an den engeren $^{1}/_{400}$''' und noch weniger. 2) Die Länge der Capillaren beträgt durchschnittlich etwa $^{1}/_{5}$'''; scharfe Grenzen nach auf- und abwärts gibt es freilich nicht. 3) Die Zahl der Capillaren in gleichen Volumtheilen Gewebe. Zu den bevorzugtesten Organen gehören z. B. Muskeln, Lunge, Leber. 4) Die Grösse und Form der Capillarnetze sind (s. die Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie) charakteristisch für viele Organe.

An den Strömchen der etwas weiteren Capillaren unterscheidet man die farblose, bloss aus Plasma bestehende Wandschicht, in der das Fliessen, wegen der durch die Gefässwände bedingten Reibung, träger von Statten geht, und die viel schneller fliessende, Blutkörperchen führende, Mittelschicht. Das Verhältniss beider Schichten wechselt übrigens sehr; nach Poiseuille nimmt die farbige Schicht etwa $^{3}/_{5}$ des Gesammtquerschnittes durchschnittlich ein.

In den weiten Capillaren haben einige Blutkörperchen neben einander Platz, in den engeren dagegen bewegt sich eines hinter dem anderen, und zwar oft durch längere Zwischenräume getrennt. Durch die engsten Capillaren strömt vorzugsweise Blutflüssigkeit,

die Blutkörperchen dagegen nur vereinzelt; dieselben sind aber elastisch und im Stande, ihre Formen schnellstens zu verändern; sie zwängen sich als längliche Stäbchen durch sehr enge Capillaren hindurch. Die Möglichkeit von Veränderungen in der Elasticität der Blutkörperchen dürfte für den Pathologen beachtenswerth sein.

142. Venen.

Die Venenwandungen sind schlaff, so dass schon ein schwacher äusserer Druck die Lichtungen dieser Gefässe vernichten und das Fliessen in denselben aufheben kann; die zahlreichen Anastomosen gestatten dann dem Blut Auswege durch anderweitige Bahnen. Das zu starke Zurückweichen des Venenblutes verhüten die Klappen. Wenn das Blut vorwärts fliesst, so sind letztere an die Venenwand angelagert; wird das Blut aber zurückgedrängt, so fängt es sich zwischen der Venenwand und den Klappen, diese werden nunmehr zurückgeschlagen und verhüten, indem ihre freien Ränder sich berühren, einen weiteren Rückfluss. Die Klappen fehlen in Venen von gewisser Kleinheit, hier sind aber die Anastomosen besonders entwickelt; ebenso in den vor äusserem Druck geschützten Venen, in welchen (z. B. Knochen, Blutleiter der Schädelhöhle) die Ventile niemals zur Wirkung kommen könnten. Die Klappen funktioniren also da, wo die Venen häufigen Druckwechseln von Aussen her ausgesetzt sind. Zu letzteren gehören besonders die Muskelcontractionen.

Wird eine bestimmte Stelle einer Vene gedrückt, so fliesst das Blut momentan schneller in dem Venenstück von der Druckstelle an gegen das Herz, während es hinter dem Orte des Druckes bis zur nächsten Klappe staut. Aber selbst jenseits der Klappe findet, trotz der anastomotischen Collateralen, eine, wenn auch nur schwache, Stauung statt. Hört der Druck auf, so ergiesst die mittlerweile praller gewordene Vene ihren Inhalt um so schneller vorwärts. Schnelle Wechsel der Muskelzustände unterstützen demnach den Venenblutlauf.

Der Blutdruck in den Venen ist sehr viel geringer als in den Arterien; er nimmt ab in der Richtung gegen das rechte Herz. Nach Poiseuille und Ludwig beträgt der mittlere Druck in den dem Herzen näheren Venen nur wenige Millimeter Quecksilberhöhe, etwa $^1/_{20}$ des Druckes der entsprechenden Arterie. In der Cruralvene ist der Druck schon etwas grösser. In der V. anonyma dagegen ist er nach Jacobson sogar durchschnittlich geringer als der Atmosphärendruck, was von Bedeutung ist für den Erguss der Lymphe aus dem Milchbrustgang in das Venenblut. Wird nach Unterbindung benachbarter Venen die venöse Circulation schwieriger, so nimmt der Druck in den freigelassenen Venen zu. Wird aber der ganze venöse Abfluss aus einem Theil gehemmt, so zeigen die nunmehr prall gefüllten Venen denselben Druck wie die Arterien, wie sich Magendie an der Cruralvene eines Hundes überzeugte.

143. Einfluss der Athembewegungen auf den Blutstrom.

Oberflächliche Athemzüge äussern keine auffallende Wirkung auf den Blutlauf; anders aber verhält es sich, wenn tief und umfänglich geathmet wird. Während der Ausathmung verengt sich der Brustraum; die Capazität der

Blutgefässe desselben, vor allem der grossen Venen, nimmt allmälig ab; dadurch wird zunächst das Fliessen des Venenblutes gegen das rechte Herz hin erschwert und die der Brusthöhle naheliegenden Venen, z. B. Jugularis externa, schwellen an. Das rechte Herz und bei der grossen Geschwindigkeit des Fliessens alsbald auch das linke, empfängt weniger Blut, sodass der Arterienpuls im weiteren Verlauf der Ausathmung anfängt kleiner und zugleich etwas seltener zu werden. Während der Einathmung greifen entgegengesetzte Bedingungen durch; der Brustraum erweitert sich, der auf den Brusteingeweiden lastende Druck wird dadurch zunehmend geringer, die grossen Venen gewinnen an Capazität, sodass die ausserhalb des Brustraumes liegenden Venen ihren Inhalt leichter gegen das rechte Herz entleeren können; die Venen am Hals u. s. w. schwellen sichtlich ab, das rechte und alsbald auch das linke Herz füllen sich stärker und der Arterienpuls wird im Verlauf der Einathmung grösser und häufiger.

Die bezüglichen Erscheinungen am Puls können nur mittelst des Sphygmographen genauer nachgewiesen werden, namentlich am menschlichen Puls, wo sie weniger ausgeprägt sind. Vierordt fand für die Pulsgrössen während der Ein- und Ausathmung ein Verhältniss von 218 : 191; für die beiden Hälften (I u. II) jeder Ein- und Ausathmung ergaben sich folgende relative Pulsdauern:

Einathmung		Ausathmung	
I.	II.	I.	II.
1000	977	969	999.

Die Exspirationspulse sind demnach um ein Minimum frequenter. Die Einathmung wirkt also, wie schon Valsalva behauptete, aspirirend auf das Venenblut, jedoch, nach Poiseuille, nur bis zu einer gewissen Entfernung. Die Ausathmung dagegen verzögert das Fliessen in den dem Thorax nahe liegenden Venen. Die hemmende Wirkung der Exspiration wird übrigens aufgehoben durch die begünstigende der Inspiration; ja noch mehr, indem das Venenblut etwas staut während der Exspiration, steigt dessen Druck und es kann bei der nächsten Inspiration um so leichter vorwärtsfliessen. Kräftige Athembewegungen befördern demnach die Blutbewegung.

Macht man bei Verschliessung der Nase und des Mundes eine starke Anstrengung zur Ausathmung, so staut, weil das Blut nicht gehörig in die stark gepressten grossen Venen des Brustraumes nachrücken kann, der Inhalt der Hals- und Kopfvenen sogleich; die Füllung der Herzhöhlen nimmt schnell ab, der Puls wird sehr klein. Im höchsten Grade der Wirkung wird, wie Ed. Weber's Versuche zeigen, die Blutzufuhr zum Herzen derartig beeinträchtigt, dass Puls und Herzstoss vollständig aufhören und Ohnmacht eintritt. Das Herz steht übrigens hier keineswegs vollkommen still, wie behauptet wird, sondern seine Systolen sind bloss ausser Stand, den geringen Blutinhalt gehörig zu spannen und denselben in die Arterien auszutreiben. Ein Theil dieser Wirkung hängt übrigens von der, in 135 besprochenen Vagusreizung bei Unterbrechung der Athemzüge ab.

144. Einfluss der Athembewegungen auf den Blutdruck.

Die aspirirende Wirkung der Einathmung veranlasst ein Sinken des Blutdruckes in den dem Thorax näher liegenden Venen, wogegen der Druck wiederum steigt im Verlauf der Ausathmung. Sind die Athemzüge sehr tief und stürmisch, so kann der Hg druck in der Jugularis während der Ausathmung bedeutend, nach Einigen um 40, selbst 80 M. m. über den Nulldruck steigen, während der Einathmung aber fast ebensoviel unter den Nulldruck sinken, bei welchen starken Schwankungen allerdings die fatalen Eigenschwingungen des Quecksilbers so grobe Fehler einführen, dass die angegebenen Zahlen nicht ent-

fernt die wirklichen Druckwechsel anzeigen. Jedenfalls ist während der Einathmung der Druck in der Vene erheblich geringer als der der Atmosphäre: ein sog. negativer Druck, sodass nunmehr durch eine Venenwunde kein Blut ausströmt, sondern im Gegentheil Luft, durch Aspiration, in die Vene eintritt. Die Luft gelangt sogleich in das Herz und verstopft die Gefässe der Lunge; ein erheblicherer Lufteintritt hat den Tod alsbald zur Folge. In die vom Herzen entfernteren Venen, z. B. Cruralis, sind solche Lufteintretungen nicht möglich, da die aspirirende Wirkung der Athembewegungen sich nicht soweit erstreckt.

Während der Ausathmung sind die grossen Arterien des sich verengenden Brustkorbes einem zunehmend stärkeren Drucke ausgesetzt; dieser pflanzt sich weiter fort nach den ausserhalb des Brustraumes liegenden Arterien, während zugleich das arterielle Blut schneller fliesst. Im Verlauf der die Einathmung begleitenden Ausdehnung des Brustkorbes nimmt der auf den Arterien lastende Druck wiederum ab, und der arterielle Blutdruck sinkt, unter gleichzeitiger Verlangsamung des Fliessens. Die Einathmung äussert also auf Arterien und Venen geradezu entgegengesetzte Wirkungen; ebenso verhält es sich mit der Ausathmung. Es greifen aber Compensationsmittel ein, vermöge welcher der arterielle Blutdruck verwickeltere Abhängigkeitsverhältnisse von den Athembewegungen bietet (Valentin, Ludwig). Im Verlauf der Ausathmung empfängt das rechte Herz, bald auch die Aorta, zunehmend weniger Blut (§ 143), desshalb steigt der arterielle Blutdruck nur im Anfang der Ausathmung, später sinkt er. Während der Einathmung dagegen werden die Contenta der Brusthöhle, also auch die Aorta, blutreicher; der arterielle Blutdruck sinkt daher nur im Anfang der Einathmung, später steigt er. Dem Gesagten gemäss verursachen die Athembewegungen, vorausgesetzt, dass sie gehörig tief und langdauernd sind, folgende periodische Druckschwankungen in den Arterien: von seinem Minimum an steigt der Druck im späteren Verlauf der Einathmung und erreicht während der nächsten Ausathmung das Maximum; das Sinken erstreckt sich über die übrige Zeit der Ausathmung und die erste Zeit der Einathmung, wo der Druck auf sein Minimum ankommt. In jede Athemcurve fallen einige Pulscurven und das Kymographion gibt desshalb Zeichnungen wie in Fig. 37.

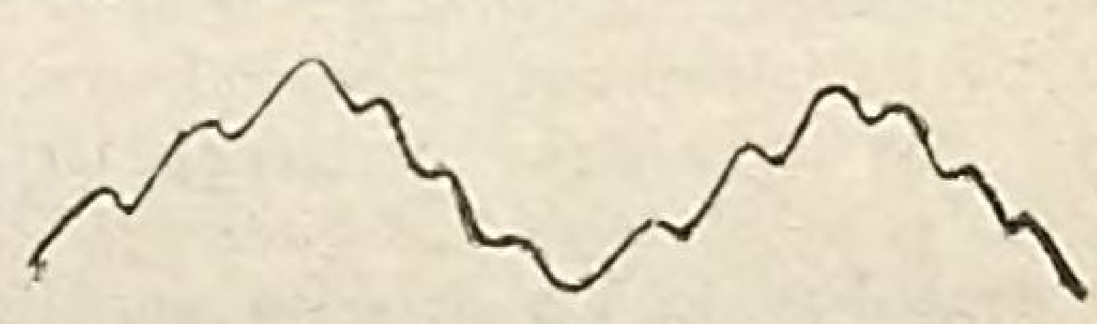


Fig. 37.

145. Gefässmuskeln und Gefässnerven.

Die Arterien und Venen verändern ihre Lichtungen nicht bloss passiv, insofern sie als elastische Röhren dem jeweiligen Blutdruck nachgeben, sondern auch activ, je nach der Thätigkeit ihrer Muskelfasern. Diese, dem organischen System angehörende Musculatur ist zunächst abhängig von den, in verschiedenen Nervenbahnen verlaufenden Gefässnerven (vasomotorischen Nerven).

Nach galvanischer Reizung eines Gefässnerven verengen sich die betreffenden

Arterien und die Wärme der zugehörigen Körpertheile nimmt etwas ab. Durchschneidet man die Nerven einer Gefässprovinz, so steigt die Temperatur der betreffenden Körperstellen; die Arterien werden dauernd weiter und blutreicher und der Blutdruck in denselben nimmt zu. Diese Erfahrungen sprechen für ein ununterbrochenes Bestehen von Nerveneinflüssen auf die Gefässmuskeln, so dass die letzteren in beständiger activer Spannung erhalten werden.

In den Arterien ist die Contractilität viel entwickelter als in den Venen: die kleinsten Arterien, in welchen die Muskelschicht verhältnissmässig am meisten entwickelt ist, zeigen die relativ grössten Veränderungen der Caliber. In den Capillaren (und kleinsten Venen) fehlt die Contractilität und die Veränderungen der Lichtungen und der Blutfüllung der letzteren erfolgen ausschliesslich in passiver Weise. Indem bald in dieser, bald in jener Provinz des Arteriensystems die Contractionen ab-, also die Durchmesser zunehmen, wird die Contractilität der Arterien ein wichtiger Regulator der Blutzufuhr bald zu diesen, bald zu jenen Körpertheilen, welcher Einfluss dadurch an Bedeutung gewinnt, dass die kleineren Arterien verhältnissmässig contractionsfähiger sind als die grossen.

Wird in Folge gewisser Erkrankungen eine Arterie in ein mehr oder weniger starres Rohr verwandelt, so kann die Blutzufuhr zu dem zugehörigen Organ nicht mehr einem vorübergehend gesteigerten Stoffwechselbedürfniss gemäss vermehrt werden; Ernährungsstörungen der betreffenden Theile sind die gewöhnlichen Folgen dieser Anomalie.

Die activen Spannungsgrade der Arterien zeigen keine rhythmischen Wechselzustände; am Puls z. B. ist die organische Contractilität der Arterien nicht betheiligt. An den Arterien des Kaninchenohres hat jedoch Schiff spontane, vom Herzen unabhängige, Bewegungen entdeckt.

Eine Menge Agentien, z. B. Kälte, Elektricität, viele chemische Verbindungen veranlassen, bei unmittelbarer Einwirkung auf die Gefässe, Contraction derselben. Wärme erweitert die Gefässe; doch kann der Wärmereiz als Erstwirkung eine kurzdauernde Verengung setzen (Sartorius).

146. Gefässnervencentren.

Obschon viele vasomotorischen Nerven ihre zugehörigen Blutgefässe in den Bahnen des sympathischen Nervensystemes aufsuchen, so liegen doch ihre Ursprünge nur zum kleineren Theil in letzterem, sondern grossentheils im Rückenmark bis hinauf zu den Basaltheilen des Gehirnes. Nach Budge bewirkt Reizung der Hirnstiele mittelst der Schläge des Inductionsapparates Contraction sämmtlicher Körperarterien. Aehnliche Folgen hat die Reizung des oberen Halstheiles des Rückenmarks. Eine besondere Wichtigkeit als vasomotorisches Centrum scheint das verlängerte Mark zu besitzen.

Die vasomotorischen Centren üben einen unausgesetzten Einfluss auf die Gefässnerven, also auch auf die Lichtungen der Arterien aus. Nimmt dieser Einfluss zu, so verengern sich namentlich die kleineren Arterien; der Uebergang des Blutes in die Venen ist erschwert, der arterielle Blutdruck steigt und das

Herz, welches einen grösseren Widerstand zu überwinden hat, schlägt häufiger. Bedeutende Herabsetzung dieses Einflusses hat die entgegengesetzten hydraulischen Folgen.

Allgemeine Contraction der Körperarterien tritt ein im Fieberfrost; ausserdem nach Thiry in Folge von Unterbrechung der Athembewegungen oder beim Athmen irrespirabeler Gase, als Wirkung der venösen Blutbeschaffenheit auf die Centren der Gefässnerven. Das plötzliche Erblassen bei Gemüthsbewegungen ist ebenfalls eine direkte Folge der gesteigerten Thätigkeit der vasomotorischen Centren. Nimmt die Thätigkeit der vasomotorischen Centren ab, so werden die Arterien weiter; im Hitzestadium des Fiebers findet eine allgemeine, bei den mit Erröthung verbundenen Gemüthsbewegungen eine locale Arterienerweiterung statt.

Ausserdem sind die Gefässnerven in hohem Grade bestimmbar durch Erregungen sensibeler Nerven, welche den vasomotorischen Centren mitgetheilt werden und dann nicht etwa eine Verstärkung, sondern eine Abnahme der Gefässnerven-Innervation, also eine reflectorische Erschlaffung der Gefässmuskeln auslösen. Wird z. B. das centrale Ende des durchschnittenen N. auricularis vagi im Kaninchen gereizt, so röthet sich das Ohr der operirten, ausnahmsweis auch das der anderen Seite (Loven). Die Erection des Penis (536) beruht auf einem analogen Vorgang. Reflectorische Gefässerschlaffung bewirkt nach Ludwig und Cyon auch ein, meist vom N. laryngeus superior abgehendes und längs der Carotis absteigendes, sensibeles, Zweigchen des Vagus; Reizung des peripheren Stückes des durchschnittenen Zweigchens ist ohne Wirkung, wogegen die Ansprache des centralen Stumpfes zahlreiche Arterien erweitert und den arteriellen Blutdruck herabsetzt. Erschütterung des Körpers, namentlich schnell auf einander folgende Schläge auf den Bauch lähmen im Frosche auf reflectorischem Wege nach Goltz die vasomotorischen Nerven der Abdominalorgane, welche sich stark mit Blut füllen; (über den zugleich stattfindenden Herzstillstand s. 136).

147. Nerven der Hauptgefässprovinzen.

I. Gefässnerven des Kopfes. Ein grosser Theil der vasomotorischen Nervenfasern des Kopfes durchsetzt den Halstheil des sympathischen Grenzstranges; wird letzterer durchschnitten, so steigt nach Bernard in der betreffenden Gesichtshälfte und dem Ohr die Temperatur, (in Kaninchen um 5 bis 6 Grade), die Arterien der operirten Seite (nach Donders auch die der Pia mater) werden dauernd weiter und blutreicher. Aehnliche Erfolge treten nach Budge ein, wenn man entweder die eine Seitenhälfte des untersten Hals- und obersten Brusttheils des Rückenmarkes ausschneidet, oder die Vorderwurzeln der von dieser Stelle austretenden Rückenmarksnerven trennt. Die betreffenden vasomotorischen Fasern treten also durch die vorderen Wurzeln der unteren

Cervical- und der obersten thoracischen Nerven und die Rami communicantes zum sympathischen Halsgrenzstrang.

II. Die Gefässnerven der oberen Gliedmaassen und der Brustwandung stammen zum Theil vom Rückenmark (Schiff). Sie verlassen letzteres nach Cyon im Hunde unterhalb des 3ten thoracischen Nerven, um durch die entsprechenden Rami communicantes in den sympathischen Grenzstrang und von diesem in den Plexus brachialis zu treten. Im Grenzstrang, besonders dem obersten thoracischen Ganglion ist die Ursprungsstätte neuer vasomotorischer Fasern (Bernard); Durchschneidung des Ganglion's erhöht nämlich die Temperatur des Vorderbeines stärker als die Durchschneidung der Rückenmarkswurzeln (Cyon).

III. Die Gefässnerven der unteren Gliedmaassen gehen durch die untersten Rückenmarksnerven direkt zum Plexus sacralis, zum Theil aber auch in den Bahnen der untersten Lumbal- und der Sacralnerven zum sympathischen Grenzstrang und von da zu den Nervenstämmen der unteren Extremitäten (Schiff); ausserdem ist die Entstehung neuer vasomotorischer Fasern im lumbalen Theil des Grenzstranges sehr wahrscheinlich (Bernard). Reizung des unteren Rückenmarks (Schiff) oder der Vorderwurzeln der untersten Rückenmarksnerven im Frosch verengt die Arterien der hinteren Extremität. Zerstörung des Rückenmarks im Frosch erweitert, nach Lister, die Arterien der Schwimmhaut bleibend. Durchschneidung der Vorderwurzeln der Rückenmarksnerven von den unteren thoracischen an nach abwärts veranlasst eine starke Temperaturerhöhung nebst Gefässerweiterung in der gelähmten Hinterextremität derselben Seite (Schiff). Ebenso wirkt Durchschneidung des Ischiadicus (Bernard).

IV. Gefässnerven der Eingeweide. Die Gefässnerven der Nasenhöhle und des grössten Theils der Mundhöhle gehören dem N. trigeminus an.

Nach Trennung der N. vagi am Hals sind die Blutgefässe der Darmwand stärker gefüllt und die Wärme des Abdomens steigt vorübergehend; reizt man den Nerven unterhalb der Schnittstelle, so verengen sich die Gefässe wieder (Oehl).

Der wichtigste Gefässnerv ist der N. splanchnicus (Bezold, Ludwig). Nach der Durchschneidung der Splanchnici füllen sich die Unterleibseingeweide so stark mit Blut, dass der Blutdruck in der Carotis enorm sinkt, während die Pulsfrequenz bedeutend zunimmt; nach Reizung des peripheren Stückes der durchschnittenen Splanchnici kann der Druck des Carotisblutes auf das doppelte des Normalwerthes steigen.

D. Blutgeschwindigkeiten und strömende Blutmassen.

148. Strombewegung des Blutes.

Das Blut zeigt zweierlei Bewegungen: Strom- und Wellenbewegung. Das beständige Strömen aus den Arterien in die Venen ist die Folge des grösseren

Blutdruckes in den ersteren. Das Herz ist demnach nicht die nächste Ursache der Strombewegung, letztere dauert z. B. auch während des aussetzenden Pulses fort. Die Aufgabe des Herzens besteht somit in der Unterhaltung eines beständigen Druckunterschiedes zwischen Arterien- und Venenblut. Dieser wird erreicht 1) durch stossweises Eintreiben von neuem Blut in die Aorta, also durch Erhöhung der arteriellen Blutspannung und 2) durch Aufnahme von Blut aus den Hohlvenen in das rechte Herz, d. h. durch Minderung der venösen Blutspannung.

Gleichheit der Spannung des gesammten Körperblutes kommt im Leben niemals vor, ja sie ist selbst nicht einmal experimentell zu erreichen beim Stillstand des Herzens während der Vagusreizung. Der arterielle Druck nimmt dann zwar bedeutend ab und der venöse steigt etwas; der Gleichgewichtszustand wird aber verhindert, weil die Gefässe des grossen Kreislaufes kein freies Continuum bilden (Venenklappen, äusserer Druck u. s. w.), und weil auch das Blut in der Lungenblutbahn für sich bis zu einem gewissen Grad abgeschlossen ist.

Eine Vorrichtung E. H. Weber's erläutert die genannten Wirkungen des Herzens. Der elastische Behälter *h* (Herz), Figur 38, ist mit 2 Klappen *k* versehen, die dem Wasser den Uebertritt nur in die elastische Röhre *a* (Arterie) gestatten. Eine die Capillarität darstellende Glasröhre *c* enthält einen Schwamm, welcher den Uebertritt von Wasser in die elastische Röhre *v* (Vene) erschwert. Ist der Apparat mit Wasser gefüllt, so sind die Wasserhöhen in den drei eingesetzten Druckmessern gleich; bringt man aber *h* in Thätigkeit durch abwechselndes Zusammendrücken und Nachlassen der Pressung, so steigt der Druck in *a*, während er in *v* abnimmt.

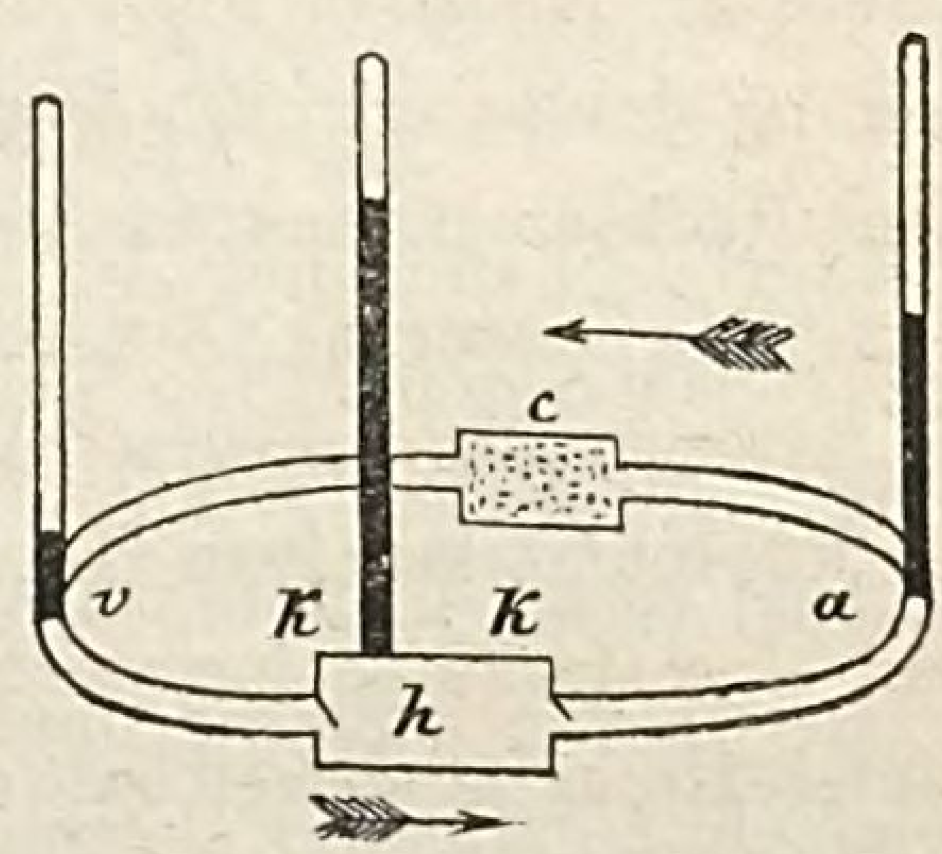


Fig. 38.

Folgen die Pumpenstösse von *h* rhythmisch auf einander, so tritt ein Beharrungszustand ein, d. h. 1) es fliesst eine gewisse Wassermenge aus *h* nach *a*. und zwar soviel als in gleichen Zeiten *h* von *v* empfängt, und 2) es besteht ununterbrochen ein Drucküberschuss in *a*, gegenüber *v*, sodass das Wasser beständig aus *a* in *v* überströmt.

149. Wellenbewegung des Blutes.

Jede Systole der linken Kammer erregt durch Eintreiben einer gewissen Blutmenge eine Welle im Aortensystem. Das Anfangsstück des Systems erweitert sich alsbald und der Blutdruck daselbst beginnt zu steigen. Diese Wirkung pflanzt sich rasch weiter gegen die Verzweigungen des Arteriensystems. Gleichzeitig erhält das, an sich schon in Vorwärtsbewegung begriffene, Blut einen verstärkten Antrieb nach vorwärts. Die Bluttheilchen bewegen sich also in der Richtung der Fortpflanzung der Welle; man bezeichnet letztere als Spannungs- oder positive Welle.

Schliessen krankhafter Weise die Aortenklappen nicht, so fliesst während der Kammerdiastole Blut in die Kammer zurück; es erfolgt also wie beim Zu-

rückziehen eines Spritzenstempels aus einer elastischen Röhre, eine Abspannung des Aortensystems und der Blutdruck sinkt bedeutend während der Kammerdiastole. Diese Abspannung wird ebenfalls fortgepflanzt in der Richtung gegen die Arterienperipherie, die Bluttheilchen aber bewegen sich in einer der Fortpflanzung der Welle entgegengesetzten Richtung. Diese Wellen, die im Aortensystem wie gesagt nur krankhafter Weise vorkommen, heissen Erschlaffungs- oder negative Wellen.

Die positiven wie negativen Wellen pflanzen sich durch eine von Kautschukröhren eingeschlossene Wassermasse schnell weiter, etwa um 30 Fuss in 1 Secunde (E. H. Weber). Mit ungefähr ähnlicher Geschwindigkeit schreiten die Pulswellen fort, sodass eine dem Herzen nahe Arterie nur um einen kleinen Bruchtheil einer Secunde früher zu pulsiren beginnt als z. B. eine Arterie am Fuss. Die Strombewegung besteht in einer sich bewegenden Masse, die Wellenbewegung dagegen in, durch eine Masse sich verbreitenden Veränderungen der Formen, Spannungen und Geschwindigkeiten.

150. Fortpflanzung der Pulswelle.

Zur Versinnlichung der Wellenbewegung in elastischen Röhren diene folgende Ueberlegung. Ein elastischer Schlauch sei, unter einer gewissen Spannung, mit Wasser gefüllt und an dem einen Ende desselben eine mit einem Stempel versehene Röhre befestigt. Eine schnelle Bewegung des Stempels treibe Wasser in den Schlauch, und zwar mit anfangs wachsender, dann aber bis zur Stempelruhe allmälig abnehmender Vorwärtsgeschwindigkeit.

Die Stempelbewegung kann zerlegt gedacht werden in unendlich viele Einzelstösse, die so kurz dauern, dass jeder derselben seine Wirkung nicht über das Anfangsstück *a* (Figur 39 *A*) ausdehnt. Der Stoss des ersten Zeitmomentes wird also in *a* eine schwache Ausdehnung und ein Vorwärtsfliessen des vorher ruhenden Wassers bewirken. Würde es bei diesem Stoss verbleiben, so müsste die Zusammenziehung von *a* im nächsten Moment das Stück *b* ausdehnen und das Wasser daselbst zum Vorwärtsfliessen bringen. Gleichzeitig aber treibt ein zweiter Stempelstoss neues Wasser in *a* ein, und zwar mit etwas grösserer Geschwindigkeit, als beim ersten Stoss; *a* empfängt also mehr Wasser, als es an *b* abgibt. Die Röhre hat jetzt in den Abschnitten *a* und *b* die Form der punktirten Linie, während

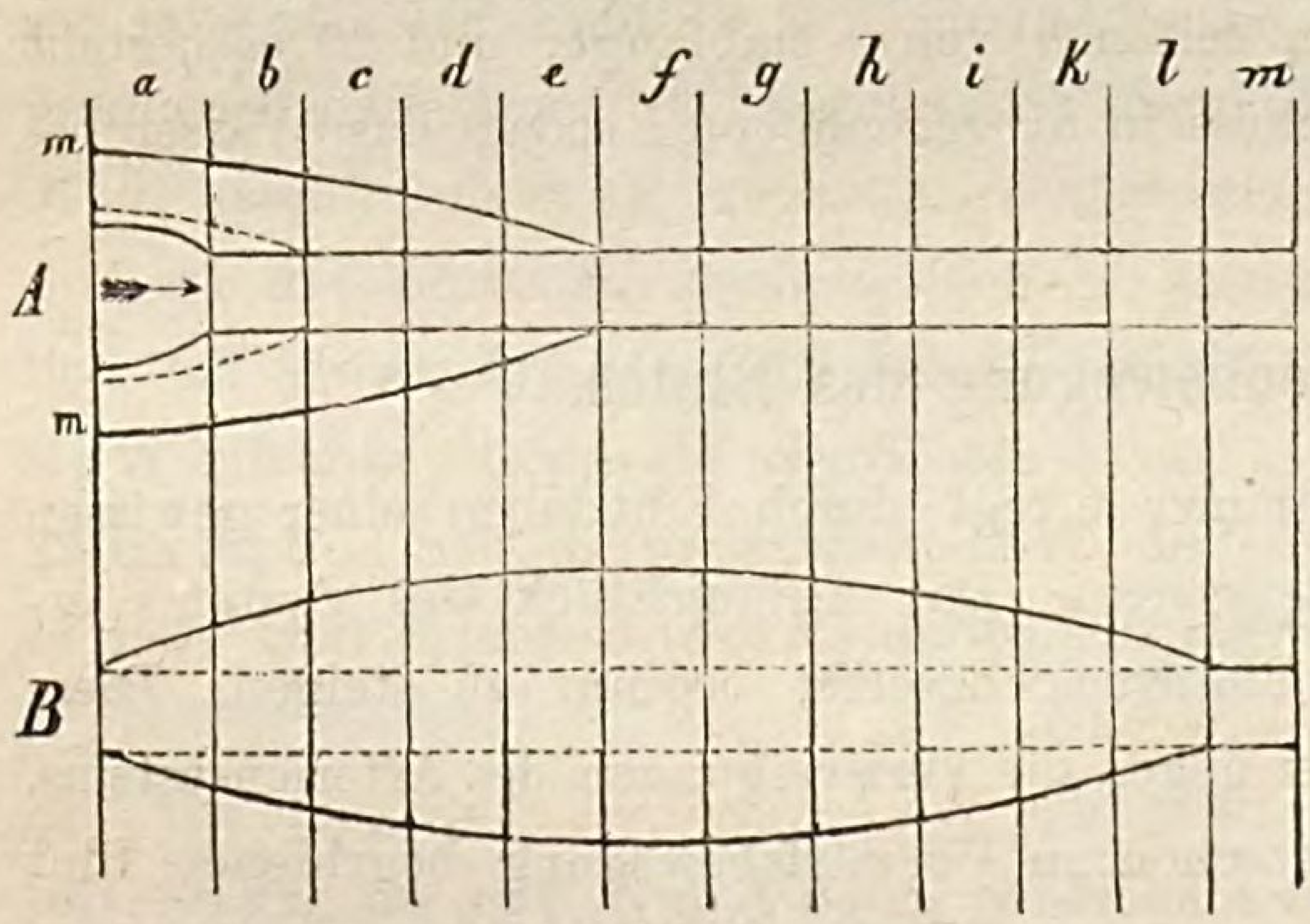


Fig. 39.

sie in *c* u. s. w. noch die gewöhnliche Form zeigt. In der Mitte der ganzen Stempelbewegung erfolgt der stärkste Stoss und damit die stärkste Dehnung von *a*. Die Dehnung hat sich nunmehr über eine gewisse Strecke der Röhre verbreitet; letztere zeigt die Form *mm*. Abschnitt *e* ist somit bloss unter der Wirkung des ersten, *d* unter der des ersten und zweiten *a* aber unter der aller fictiven Einzelstösse, die geschehen sind bis zum Maximalstoss. Von *e* an nach rückwärts nehmen demnach die Spannungen und Geschwindigkeiten allmälig zu. Der dem maximalen unmittelbar nachfolgende Stempelstoss ist, den Bedingungen gemäss, schwächer; das nach *a* eingetriebene Wasser hat also eine etwas geringere Geschwindigkeit, das von *a* nach *b* übergehende aber das Maximum der Geschwindigkeit. Also kommt *b* jetzt in das Maximum der Dehnung, während *a* etwas enger wird. Im nächsten Moment wird *c* am stärksten gedehnt, *b* zeigt den Zustand, in welchem jetzt *a* sich befindet, *a* wird (der Stempelstoss dieses Momentes ist wieder etwas schwächer geworden) noch enger.

Auf diese Art pflanzt sich der Zustand der stärksten Spannung und Geschwindigkeit, nach dem Schema der Wellenbewegung, gegen das Ende der Röhre weiter, so zwar, dass diejenigen, an der Bewegung bereits Theil nehmenden Röhrenabschnitte, welche vor dem jeweiligen Abschnitt der stärksten Spannung und Geschwindigkeit liegen, von Moment zu Moment Zunahmen ihrer Spannungen und Geschwindigkeiten erfahren, während das Umgekehrte der Fall ist in den Röhrenabschnitten, die hinter der Stelle der grössten Spannung liegen.

Im Momente der Stempelruhe ist die Wirkung der fictiven Einzelstösse der ganzen Stempelbewegung fortgepflanzt bis *l* (Fig. 39, *B*), d. h. die Wasser- und Röhrentheilchen von *a* bis *l* repräsentiren in diesem Momente alle Phasen einer Wellenbewegung: wachsende Spannungen von *l* gegen *f*, abnehmende Spannungen von *f* bis *a*. Der Anfang *a* der Röhre hat also jetzt der Reihe nach durchgemacht zunehmende Spannungen bis zur Maximalspannung und von da wieder allmälig abnehmende Spannungen bis zum früheren, d. h. vor dem Durchgang der Welle bestandenen Gleichgewichtszustand. In der Zeit, in welcher das Röhrenstück *a* alle diese Veränderungen durchmacht, hat sich die Wellenbewegung bis *l* fortgepflanzt; die Strecke *a*—*l* stellt also die Wellenlänge dar. Man sieht, dass die Wellenbewegung in der Fortpflanzung einer Form, eines Zustandes, durch ein Medium (Masse) besteht, nicht aber in der Fortbewegung einer Masse als solcher.

In der ganzen Strecke *a*—*l* fliesst das Wasser vorwärts, aber mit ungleichen Geschwindigkeiten; am schnellsten nämlich in *f*, von wo aus die Geschwindigkeiten nach vorwärts, wie nach rückwärts successiv abnehmen. Dasselbe ist der Fall mit den Spannungen (Dehnungen). Der stärkste Druck in *f* macht sich geltend nach vorwärts und rückwärts: nach vorwärts (von *g* bis *l*) aber im Sinne der Bewegung, also mit dem Ergebniss, dass das

Vorwärtsfliessen in jedem Abschnitt allmälig wächst bis zur Maximalgeschwindigkeit. In den Röhrentheilen von *a* bis *e* aber bewegen sich die Wassertheilchen entgegen dem stärkeren Druck, die Folge also ist eine Verzögerung der Geschwindigkeiten. In *a* ist die Geschwindigkeit am geringsten; die Verzögerung bringt demnach das Wasser in *a* im selben Moment zur Ruhe, während letzteres in *b* erst im nächsten Moment geschieht u. s. w. Die Dehnungen also werden successiv in *a*, *b* u. s. w. vernichtet, während die Welle vorn entsprechend weiter schreitet nach *m* u. s. w.

151. Blutgeschwindigkeit in den Gefässen.

Das Blut fliesst in der Carotis nicht zu kleiner Säugethiere mit einer Secundengeschwindigkeit von etwa 1 Fuss (Kalb 232, Hund 261, Pferd 300 Millimeter). In den engeren Arterien nimmt die Geschwindigkeit bedeutend ab (z. B. Metatarsea des Pferdes 56 M. m. nach Volkmann). In den Capillaren beträgt die Stromschnelle der Mittelschicht bloss etwa $^1/_2$ M. m. beim Frosch (E. H. Weber), in Säugethieren etwa 0,8 M. m. in der Secunde. Das Fliessen in der Wandschicht ist nach Weber ungefähr 9—17mal langsamer, vorausgesetzt, dass das träge Fortrollen der in diese Schicht manchmal übergeworfenen farblosen Blutkörperchen als Maass der Bewegung dieser Schicht gelten darf. In den grösseren Venen endlich beträgt die Blutgeschwindigkeit etwa $^1/_2$ oder höchstens $^3/_4$ von derjenigen der entsprechenden Arterien.

In den Arterien fliesst demnach das Blut allmälig langsamer, in den Capillaren am Langsamsten; in den Venen in der Richtung von den Aesten gegen die Stämme zunehmend geschwinder. Diese Erscheinungen erklären sich aus den Lichtungen des Gefässsystems. Theilt sich eine Arterie, so sind zwar die einzelnen Aeste enger als der Stamm, die Summe aber der Querschnitte der Aeste ist fast ausnahmslos grösser als der Querschnitt des Stammes (Cole). Das Blut strömt also in den Arterien gewissermaassen in einem immer breiter werdenden Flussbett, welches in den Capillaren, alle zu einem Querschnitt vereint gedacht, eine ungeheure Erweiterung bietet, um im Venensystem gegen die Hohlvenen hin allmälig sich wieder zu verengen. Die Stromgeschwindigkeiten in den zusammengelegt gedachten Gefässen gleichen Ranges verhalten sich nothwendig umgekehrt, wie deren Querschnitte.

Das Blut fliesst in den Arterien ununterbrochen, jedoch mit stossweisen Beschleunigungen. In den grösseren Arterien veranlasst jede Kammersystole eine Geschwindigkeitszunahme von 20—30 % (Vierordt). Diese systolische Strombeschleunigung, sowie die Grösse des Pulses und der Spannungszuwachs des Blutes, nehmen wegen der Verbreiterung des Flussbettes gegen die Peripherie des Arteriensystems allmälig ab; an einer, je nach der Herzthätigkeit veränderlichen, Grenze in den peripheren Arterien hört endlich die Herzwirkung vollständig auf. In den Capillaren fliesst desshalb das Blut gleichmässig und ohne irgend welche pulsatorische Beschleunigungen;

noch viel weniger kann demnach die Systole der linken Herzkammer ihre unmittelbare Wirkung bis in die Venen ausdehnen. In diesen ist das Fliessen an sich ein continuirliches, aber es machen sich mehrfache Einflüsse (Druck u. s. w.) geltend, welche hemmend oder beschleunigend eingreifen (142).

Die Athembewegungen, vorausgesetzt dass sie ausgiebig sind, verursachen eine zweite Reihe periodischer Wechsel der Stromgeschwindigkeit in den grösseren Gefässen, auf die schon in 143 eingegangen wurde.

Das neuerdings mittelst schlechter hämotachometrischer Technicismen beobachtete angebliche Rückwärtsfliessen des Carotis- oder Cruralisblutes während der Kammerdiastole ist eine baare Unmöglichkeit.

152. Haemotachometrische Technik.

Zur Messung der mittleren Blutgeschwindigkeit in einem grösseren Gefässe dient Volkmann's Haemodromometer. Eine Metallröhre *m*, Figur 40, mit zwei Hahnen von $1^1/_2$ Bohrung wird in das durchschnittene Gefäss *aa'* eingebunden, so dass das Blut bei der Stellung der Hahnen wie in Figur 40, durch *m*, also in der gewöhnlichen Richtung fliesst. In *m* mündet die (in der Figur unverhältnissmässig abgekürzte) haarnadelförmig gebogene, mit Wasser gefüllte Glasröhre *g* mit zwei Oeffnungen. Werden die Hahnen gedreht (Figur 41), so ist der frühere Weg verschlossen und das Blut fliesst in wenigen Augenblicken durch die Glasröhre. Eine von Dogiel angegebene Modification der Volkmann'schen Methode gestattet bloss eine etwas längere Beobachtungszeit, indem das Blut ein grösseres Flüssigkeitsvolum verdrängt.

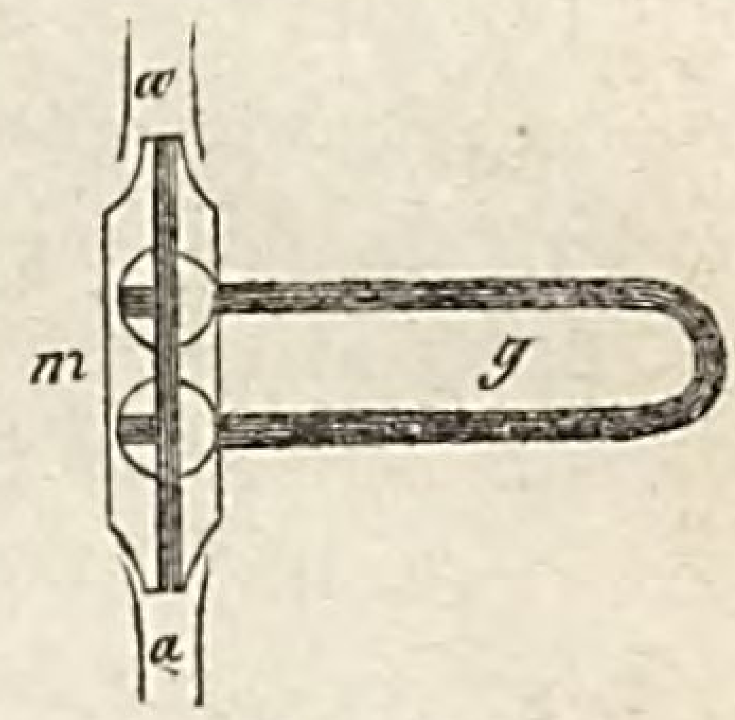
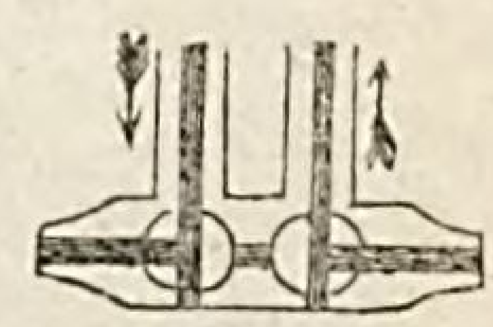


Fig. 40.


Fig. 41.

Das Haemotachometer von Vierordt, Figur 42, misst nicht bloss die mittlere Blutgeschwindigkeit, sondern auch deren rhythmischen Veränderungen, durch die Wirkung des Herzens, der Athembewegungen u. s. w. Es besteht in einem, vor dem Einströmen des Blutes mit Wasser gefüllten Kästchen mit parallelen Seitenwänden von Glas, *a* ist die Einfluss-, *b* die Ausflussmündung. Ein senkrecht herabhängendes Pendelchen wird vom Blutstrom abgelenkt, und zwar um so mehr, je grösser die Geschwindigkeit ist. Das Pendel endet in ein silbernes Kügelchen, welches jederseits mit einer feinen Spitze die Glaswand, ohne Reibung, berührt. Die Spitzen lassen durch die sonst undurchsichtige Blutschicht die Pendelablenkung erkennen. Jede Kammersystole vermehrt die Ablenkung, so dass am Pendel auch die Pulszahlen abgelesen werden können. Der Träger des Apparats ist in der Zeichnung weggelassen.

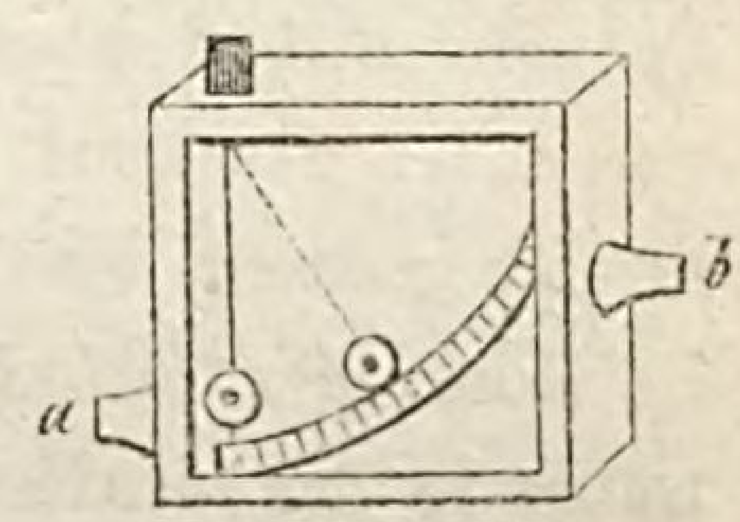


Fig. 42.

Die Blutgeschwindigkeit in Capillaren wird gemessen, indem man die

Zeit bestimmt, die ein Blutkörperchen braucht, um eine gewisse Strecke im Sehfeld des Mikroskopes zurückzulegen.

153. Umlaufende Blutmasse.

Wir können nunmehr eine für den Kreislauf und den gesammten Stoffwechsel wichtige Frage erörtern, nämlich die Blutmenge, welche in einer gegebenen Zeit in die Aorta eingetrieben wird. Die Secundengeschwindigkeit des Carotisblutes beträgt 261 M. m. (151), der Querschnitt der menschlichen Carotis ist 0,63 □ C. M., also die Durchflussmenge per Secunde 16,4 Cub. Centimeter (s. Figur 43). Der Querschnitt der A. subclavia ist 0,99 □ C. M., die Geschwindigkeit kann unmöglich von der in der Carotis erheblich abweichen, also beläuft sich die Durchflussmenge auf 25,8 C. C. M. Somit fliessen durch die Anonyma in 1 Secunde 42,2 C. C. M. Der Querschnitt der letzteren beträgt 1,44 □ C. M., derjenige der Aorta unmittelbar hinter der Abgabe der Anonyma 4,39 □ C. M. Wäre die Blutgeschwindigkeit in beiden Gefässen gleich, so würden durch das genannte Aortenstück in einer Secunde 129 C. C. M. Blut fliessen. Die Geschwindigkeit im Arcus aortae ist aber grösser, etwa um $^1/_4$; also wäre deren Durchflussmenge 161 C. C. M. Rechnen wir dazu die 42 C. C. M. der Anonyma und 4 C. C. M. für die Coronariae cordis, so erhalten wir 207 Cub. Centimeter, = 219 Gramme Blut ausgetrieben in einer Secunde aus der linken Herzkammer. Da auf eine Secunde $1^1/_5$ Systolen fallen, so kommen auf eine Systole 172 C. C. M. = 180 Gramme Blut.

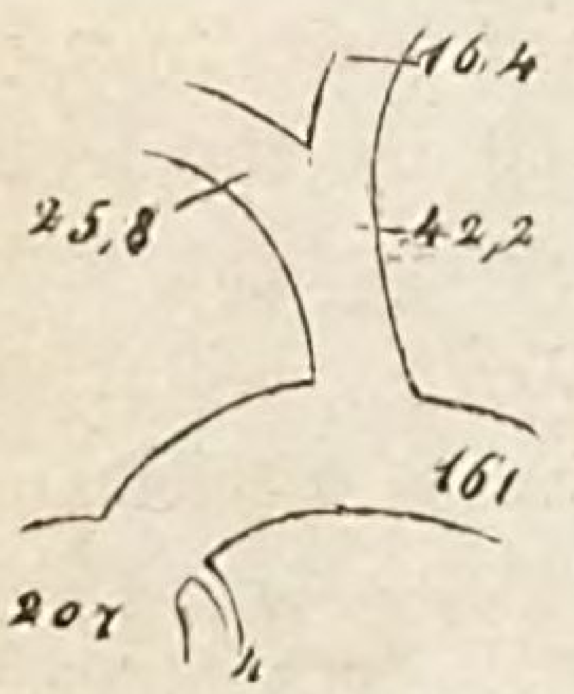


Fig. 43.

Dieselbe Blutmasse wird in der gleichen Zeit vom rechten Herzen in die Lungenarterie, sowie vom Arteriensystem der Körperblutbahn in das Venensystem übergeführt.

154. Die Kreislaufszeit.

Die Zeit, welche das Blut braucht, um einen ganzen Umlauf zu vollenden, wurde zuerst von Hering experimentell an Pferden bestimmt. Er spritzte eine Lösung von Ferrocyankalium in eine Vene, z. B. die äussere Jugulare. Das Injicirte wurde mit dem Blutstrom fortgerissen und das aus der angestochenen gleichnamigen Vene der anderen Seite auslaufende Blut in Einzelportionen von 5 zu 5 Secunden angesammelt. Der etwa 1 Minute dauernde Versuch lieferte demnach 12 Blutproben; welche, nach erfolgter Serumbildung, mittelst Eisenchlorid auf die Anwesenheit von Ferrocyankalium geprüft wurden; diejenige Probe, welche die erste Bläuung zeigte (Berlinerblau), gab die Dauer eines Kreislaufes an, d. h. die Zeit, die das Blut braucht, um z. B. von der linken Jugularis in's rechte Herz, Lunge, linke Herz, und die Aortenverzweigungen zur Jugulare der rechten Seite zu fliessen. Zur schärferen Zeitbestim-

mung setzt Vierordt auf das Kymographion eine grosse horizontale Scheibe, deren Rand mit vielen Trichterchen versehen ist. Die Scheibendrehung beginnt genau mit dem Anfang der Einverleibung des Eisensalzes in die Vene; kleine Töpfchen unterhalb der Trichterchen sammeln das ausgelaufene Blut an. Jede Einzelprobe entspricht einer halben Secunde.

Schon die ungemein schnelle Wirkung gewisser Gifte liess sehr kurze Kreislaufszeiten erwarten; der Einspritzung von Blausäure oder Strychninlösung in den Kreislauf folgen die Vergiftungssymptome augenblicklich nach. Die durchschnittliche Dauer eines Blutumlaufes beträgt nach Hering im Pferde 31,5 Secunden; nach Vierordt im (jungen) Eichhörnchen 4,39, Katze 6,69, Igel 7,61, Kaninchen 7,79, Hund 16,7, Huhn 5,17, Bussard 6,73, Ente 10,64, Gans 10,86 Secunden.

Obschon die Länge der einzelnen Blutbahnen grosse Verschiedenheiten bietet, so weichen gleichwohl die Kreislaufszeiten in denselben nach Hering nur wenig von einander ab. Vierordt liess das Blut gleichzeitig auslaufen aus zwei verschiedenen Venen, z. B. der rechten Jugularis und einer Cruralis; wurde die Injection in die linke Jugularis gemacht, so betrug im Hunde die Kreislaufszeit der Jugularisbahn 16,32, der Jugularis-Cruralvenenbahn 18,08 Secunden. In den kleinen Gefässen, namentlich den Capillaren, erfolgt das Fliessen am langsamsten; diese Verzögerung ist allen Bahnen gemeinsam, während es bei der bedeutenden Blutgeschwindigkeit in den grossen Gefässen gleichgültig ist, ob ein Theil dem Herzen nahe oder fern liegt.

Die Abänderungen der mittleren Kreislaufszeit siehe in der Physiologie des Gesammtorganismus. Zunächst hängen die Schwankungen in demselben Individuum ab von der Zahl und Grösse der Herzkammersystolen. Nimmt die Pulsfrequenz etwas zu, so wird die Kreislaufszeit ein wenig abgekürzt, bald aber kommt ein Punkt, wo sie wieder wächst, indem bei grösserer Pulsfrequenz die Systolen allmälig weniger ausgiebig werden. Starke Vermehrung der Pulsfrequenz verlängert demnach die Kreislaufsdauer.

155. Abhängigkeit der Kreislaufszeiten von den Pulsfrequenzen.

Die Hauptfactoren des Blutumlaufes: Zahl der Herzschläge, Kreislaufszeiten, Blutdruck und umgetriebene Blutmassen, welche bisher bloss für sich betrachtet wurden, stehen, wie Vierordt zeigte, unter sich in gesetzmässigem Zusammenhange, und zwar in der ganzen Reihe der warmblütigen Thiere, deren Kreislaufsapparate zudem nach demselben morphologischen Grundschema eingerichtet sind. Die mittlere Kreislaufsdauer einer Säugethier- oder Vogelart ist gleich der durchschnittlichen Zeit, in welcher das Herz 27 Schläge vollendet.

	Körpergewicht (Gramme).	Pulsfrequenz.	Herzschläge während eines Kreislaufes.
Eichhörnchen	222	320	23,7
Katze	1312	240	26,8
Igel	911	circa 189	23,8
Kaninchen	1434	220	28,5
Hund	9200	96	26,7

	Körpergewicht (Gramme).	Pulsfrequenz.	Herzschläge während eines Kreislaufes.
Pferd	380000	55	28,8
Huhn	1332	354	30,5
Bussard	693	282	31,6
Ente	1324	163	28,9
Gans	2822	144	26,0

Diese so nahe übereinstimmenden Ergebnisse, welchen zudem noch anderweitige Thierarten sich anschliessen, führen auf eine Kreislaufszeit des Menschen (Pulsfrequenz 72) von 23,1 Secunden. Ein Corollarium des Gesetzes lautet: Die mittleren Kreislaufszeiten der Thierarten verhalten sich wie die mittlere Dauer ihrer Ventrikelsystolen, oder anders ausgedrückt: die mittleren Kreislaufszeiten zweier Thierarten verhalten sich umgekehrt wie deren Pulsfrequenzen. Gäbe es eine Warmblüterspecies mit einer Pulsfrequenz von 400 Schlägen, so wäre deren Kreislaufszeit nur circa 4 Secunden.

Nimmt die Pulsfrequenz erheblich zu, z. B. in Folge von Muskelanstrengung (600), so verringert sich die Kreislaufszeit; jedoch nicht in einem der bedeutend gesteigerten Pulsfrequenz entsprechenden Verhältniss. Daraus folgt, dass in solchen Fällen die einzelnen Ventrikelcontractionen erheblich weniger Blut in die Arterien eintreiben. Diese Verminderung der Ausgiebigkeit der Herzcontractionen kann sich sogar in der Art geltend machen, dass im heftigen Fieber, trotz bedeutender Pulsfrequenz, die Kreislaufszeit grösser wird als in der Norm.

Nach Durchschneidung der N. n. vagi zeigt die Kreislaufszeit, trotz enorm gesteigerter Pulsfrequenz, keine wesentliche Abweichung von der Norm; die Ausgiebigkeit der einzelnen Ventrikelsystolen hat demnach um ebensoviel abgenommen, als die Pulsfrequenz zugenommen hat. Dagegen verlängert eine mässige Reizung der N. n. vagi die Kreislaufszeit bedeutend durch entsprechende Herabsetzung der Pulsfrequenz; merkwürdigerweise kommen (im Hunde) in diesem Zustand wiederum 26 Herzcontractionen auf einen Kreislauf, woraus folgt, dass die mässige Vagusreizung nur die Zahl, nicht aber die Ausgiebigkeit der Ventrikelcontractionen verändert.

156. Blutmenge des Körpers.

Die vorhergehenden Erfahrungen benützte Vierordt zur Bestimmung der Blutmenge. Während der Dauer eines Umlaufes fliesst alles Blut des Körpers ein Mal durch das linke Herz; die Kammersystolen treiben demnach in allen Warmblütern dieselbe proportionale Blutmenge aus, nämlich $^1/_{27}$ der gesammten Blutmasse. Da wir die mittelst einer Kammersystole entleerte absolute Blutmenge kennen (153), so ergibt sich die Blutmenge des gesammten Körpers unmittelbar. Die Kreislaufszeit des Menschen ist 23,1 Secunden; während dieser vollführt das Herz 27,7 Systolen. Eine Systole treibt 172 C. C. M. Blut aus, also ist die Blutmenge des Menschen = 4760 C. C. M., rund 5000 Gramme. Das durchschnittliche Körpergewicht beträgt 63,6 Kilogramme, also die Blutmenge $\frac{1}{12,6}$ des Körpers. Eine Ventrikelsystole treibt demnach eine Blutmasse aus von $\frac{1}{353}$ des Körpergewichtes. Tragen wir nunmehr diesen letzteren proportionalen Werth auf die Thiere über. Das mittlere Körpergewicht der Kaninchen betrug 1434 Grammen, 1 Systole also würde austreiben 4,06 Gr.; die Kreislaufszeit ist 7,79, auf die letzteren kommen 28,5

Systolen, also ist die Blutmenge des Kaninchens 28,5 $\times$ 4,06 = 115 Gramm. = $\frac{1}{12,2}$ des Körpergewichtes. Nach den oben mitgetheilten Versuchsergebnissen berechnet sich die Blutmenge für den Hund zu $\frac{1}{13,2}$, Pferd $\frac{1}{12,3}$, Katze $\frac{1}{13,1}$, Ente $\frac{1}{12,3}$ u. s. w. des Körpergewichtes. Diesen übereinstimmenden Zahlen zufolge beträgt die Blutmenge in den Warmblütern ungefähr $\frac{1}{13}$ des Körpergewichtes.

Eben diese Uebereinstimmung rechtfertigt unsere einzige, hier gemachte Voraussetzung: dass die einzelnen Ventrikelsystolen in allen Warmblütern gleiche proportionale Blutmassen durchschnittlich austreiben.

157. Die strömenden Blutmengen.

I. Deren Beziehungen zur Pulsfrequenz. Die mittleren Kreislaufszeiten zweier Species von Warmblütern verhalten sich umgekehrt wie die durch gleiche Gewichtstheile der Thiere in gleichen Zeiten fliessenden Blutmassen. Woraus wieder folgt: die durch gleiche Gewichtstheile verschiedener Thierarten in gleichen Zeiten strömenden Blutmassen verhalten sich wie deren Pulsfrequenzen (s. die Tabelle). Je rascher also die Herzschläge, desto lebhafter muss, Gleichheit der übrigen Bedingungen vorausgesetzt, der Stoffwechsel einer Thierart sein.

Wir kennen keine Thatsache, dass in Thieren mit hoher Pulsfrequenz (in der Regel Thiere niederen Wuchses) die Capillaren relativ viel zahlreicher seien; in solchen Thieren aber werden relativ sehr bedeutende Blutmassen umgetrieben, also muss auch ihre Capillarblutgeschwindigkeit grösser sein.

	Blutmenge (in Grammen) fliessend in 1 Minute durch		
	1 Kilo Körper	das Herz.	Pulsfrequenz.
Eichhorn	892	198	320
Kaninchen	620	890	220
Hund	272	2590	96
Mensch	207	13100	72
Pferd	152	58800	55

II. Deren Beziehungen zum arteriellen Blutdruck. Die mittleren arteriellen Blutdrucke zweier Thierarten verhalten sich wahrscheinlich umgekehrt wie die, in gleichen Zeiten durch gleiche Körpergewichte fliessenden durchschnittlichen Blutmengen (Vierordt).

Die grosse Verschiedenheit der durch die Körpergewichtseinheit in verschiedenen Thieren fliessenden Blutmassen führt zur Annahme, diese Blutmassen werden sich umgekehrt verhalten, wie die in dem Gefässsystem der Körpergewichtseinheit sich entwickelnden Stromhindernisse. Das Hämodynamometer darf annähernd angesehen werden als ein Messapparat dieser Stromhindernisse; wenn es in eine dem Herzen möglichst nahe grosse Arterie eingesetzt wird, so steht es unter dem Einfluss aller stromhemmenden Ursachen, die sich geltend machen in der ganzen Körperblutbahn.

Aus dem Gesetz folgt weiter: die Produkte der arteriellen Blutdrucke (a) in die durch gleiche Körpergewichtstheile in gleichen Zeiten fliessenden Blutmengen (b) sind gleich. Z. B.

	a	*b*	$a \times b$
Pferd	280 M. m. Hg	152	425 . . .
Hund	150 » » »	272	408 . . .
Kaninchen	70 « » »	620	434 . . .

Für den Menschen würde sich ($a \times b$ im Mittel zu 422 gesetzt) ein Blutdruck von 200 Millim. Hg ergeben. Ein Corollarium des obigen Gesetzes ist: die mittleren arteriellen Blutdrucke verhalten sich wie die mittleren Kreislaufszeiten; sie dürften desshalb etwa in der Reihe der Warmblüter differiren um das 7—8fache.

158. Mechanische Arbeit des Herzens.

Daniel Bernoulli hat zuerst die Arbeit des Herzens nach richtigen Principien berechnet. Die linke Herzkammer treibt in 1 Secunde 219 Gramme Blut aus und überwindet dabei den Widerstand einer Blutsäule von etwa $2^1/_2$ Metern Höhe (nahezu 200 M. m. Hg); also ist der Nutzeffect (s. 85) der Kammer in 1 Secunde 0,54 Kilogrammeter. Die Effecte der übrigen Herzabschnitte zusammengenommen sind ohne Zweifel geringer. Aus § 157 folgt: die Nutzeffecte der linken Herzkammer in verschiedenen Thierarten, bezogen auf die Körpergewichtseinheit derselben, sind nahezu dieselben. Für 1 Kilogramm Thier ist der minutliche Nutzeffect der linken Herzkammer etwa 0,48 Kilogrammeter.

VIII. Verdauung.

159. Aufgaben.

Die unaufhörlichen Stoffverluste des Körpers werden ersetzt durch periodische Zufuhren in den Nahrungsschlauch. Je nach ihrem Verhältniss zu den Dauungsthätigkeiten können die Ersatzstoffe getheilt werden in 1) solche, die ohne Weiteres im Nahrungsschlauch aufgesaugt werden, z. B. Wasser; 2) solche, die zur Aufsaugung nur einer einfachen Lösung durch das im Nahrungsschlauch befindliche Wasser bedürfen und 3) solche, die erst, nachdem sie chemische Umsetzungen erfahren haben, resorptionsfähig sind. Die letzteren bilden den Gegenstand der Verdauung im engeren Sinn.

Die Verrichtungen des gesammten Nahrungsschlauches sind zweierlei: 1) Mechanische, ausgeführt von der Muskulatur des Apparates. Sie bezwecken vorzugsweis die Zerkleinerung und das Fortrücken der Speisen, sowie deren innige Vermischung mit den Verdauungssäften und den resorbirenden Ober-

flächen. 2) Chemische. Diese werden vermittelt durch die, von bestimmten Drüsen abgesonderten Verdauungssäfte, welche lösend und umsetzend auf gewisse Nährstoffe wirken. Ihre verdauenden Kräfte verdanken diese Säfte organischen Materien, welche, als Fermentkörper, in bestimmten Nährstoffen die erforderlichen chemischen Umsetzungen einzuleiten vermögen. Diese Fermente wirken, ohne dabei verbraucht zu werden, durch sogenannten Contact, und sind desshalb befähigt, auf unbegrenzte Mengen von Nährstoffen ihre Wirkung ausüben zu können.

A. Nahrungsmittel.

160. Physiologische Eintheilung.

Fast alle Substanzen, welche wir zur Befriedigung des Hungers und Durstes, also mittelbar zur Ernährung des Körpers, dem Verdauungsapparat einverleiben, bestehen aus mehreren, oder selbst vielen chemischen Einzelverbindungen. Man unterscheidet

1) Eigentliche Nährstoffe (Restaurantia). Substanzen, welche in verhältnissmässig grösseren Mengen Bestandtheile enthalten, die zum Ersatz der Körperverluste verwendet werden können. Diese Bestandtheile (Nährstoffe) sind den normalen Bestandtheilen des Blutes und der Organe gleich oder doch sehr ähnlich, d. h. so beschaffen, dass sie im Körper in jene umgewandelt werden können. Hierher gehören die Eiweisskörper, Fette, eine Reihe von Mineralbestandtheilen und das Wasser. Repräsentanten dieser Gruppen kommen vor in den meisten Säften und den Geweben des Körpers.

2) Ausserdem enthält die Nahrung der Pflanzenfresser grosse Mengen sog. Kohlenhydrate. Dieselben bilden aber, da sie nach ihrer Aufsaugung schnell oxydirt werden, nur sehr geringe Procentantheile der Säfte und Organe des Körpers. Zu den Restaurantia im obigen Sinn können sie nicht gerechnet werden. Liebig nennt dieselben, weil sie zur Bildung von Athmungsprodukten (Kohlensäure) vorzugsweis beitragen: Respirationsmittel, wohin er auch die Fette einreiht. Letztere sind einerseits wirkliche Restaurantia im obigen Sinn, (der Körper enthält viel Fett, von dem freilich, wie schon bemerkt, bei weitem nicht alles als solches bereits in der Nahrung eingebracht wird § 285), andererseits stehen sie aber auch in enger Beziehung zur Wärmebildung.

3) Verdauungsmittel. Sie unterstützen die Verdauung, indem sie Geruch und Geschmack der Speisen verbessern und die Absonderung der Verdauungssäfte namentlich des Speichels und des Magensaftes vermehren. Hierher gehören die Gewürze, vermöge ihres Gehaltes an scharfen ätherischen Oelen, sowie das Kochsalz, welches weit über den Bedarf als Restaurans von uns aufgenommen wird. Die Substanzen dieser Gruppe befördern, indem sie die

Verdauung unterstützen, mittelbar auch die Ernährung; namentlich ist der Kochsalzzusatz zum Futter in der Landwirthschaft als mästungsbefördend anerkannt.

4) Genussmittel. Diese umfassen die Alkoholica und einige, Caffein- oder Theobrominhaltende Substanzen. Ihre hier allein in Frage kommenden Hauptbestandtheile werden in verhältnissmässig kleinen Mengen eingeführt und können selbstverständlich schon desshalb nicht dienen als Stoffersatze des Körpers, wohl aber als Reizmittel für das Nervensystem; als solche sind sie bei der Mehrzahl der Menschen in Gebrauch gekommen, der hygienisch gerechtfertigt ist bei mässigem Genuss.

161. Chemische Eintheilung der Nährstoffe.

Ihren chemischen Charakteren gemäss, denen übrigens auch bestimmte physiologische Eigenschaften entsprechen, zerfallen die Nährstoffe in:

I. Unorganische: im Allgemeinen dadurch ausgezeichnet, dass sie im Organismus nicht oder nur wenig verändert werden. Hierher gehören das Wasser und die in verschiedenen Proportionen und Mengen in allen Nahrungsmitteln enthaltenen Salze, mit den Basen: Natron, Kali, Kalk, Magnesia, Eisen; den Säuren: Phosphor-, Schwefel-, Kohlen- und Salzsäure (Chlor).

II. Organische. Sie werden chemisch umgesetzt im Körper und verlassen denselben in anderen Formen als sie eingeführt wurden. Man unterscheidet zwei Hauptgruppen:

a) Stickstoffhaltende Nährstoffe.

1) Eiweisskörper: Eiweiss, Blutfaserstoff, Muskelfaserstoff, Globulin, Käsestoff, Kleber, Legumin. Sie dienen zum Ersatz der Eiweisskörper der Säfte und Organe. Von thierischen Nahrungsmitteln zeichnen sich durch ihren Gehalt an Eiweisskörpern aus: Milch, Fleisch, Blut, Hirn, Leber und einige Drüsen, von pflanzlichen vorzugsweis die Getreidearten und Hülsenfrüchte.

2) Blutfarbstoff. Verwendung unbekannt.

3) Leimarten. Sie sind nicht als solche im Körper enthalten, bilden sich aber beim Kochen der leimgebenden Gewebe. Man unterscheidet den aus Knochen, Sehnen und Bindegewebe darstellbaren Knochenleim (Glutin) und den aus den bleibenden Knorpeln gewinnbaren Knorpelleim (Chondrin).

b) Stickstofflose Nährstoffe.

1) Neutrale Fette (vorzugsweis Olein, Palmitin, Stearin), in der Milch, Butter, fetten Käsen, Bindegewebe, Hirn, Leber. Viel weniger repräsentirt sind die Fette in den Vegetabilien.

2) Kohlenhydrate. Sie enthalten Kohlenstoff, Wasserstoff, und Sauerstoff, und zwar letztere im Verhältniss wie im Wasser. Hierher gehören: a) Zuckerarten (Rohr-, Trauben- und Milchzucker), b) Stärkmehlarten.

Vor allem das Stärkmehl selbst (viele Wurzeln, Kartoffel, Samen der Getreidearten und Hülsenfrüchte) und das Stärkegummi (Dextrin), ein häufiger Begleiter des leicht in Dextrin umsetzbaren Stärkmehls, c) Pflanzenschleim, in grösserer Menge in manchen Knollengewächsen und in gewissen Samen enthalten. d) Pflanzenzellstoff (Cellulose) besonders reichlich in den Kohlarten.

3) Pectinstoffe, die gelatinirenden Bestandtheile fleischiger Früchte und rübenartiger Wurzeln.

4) Organische Säuren, Sauerklee-, Apfel-, Wein-, Milchsäure u. s. w. in untergeordneten Mengen, namentlich in Früchten; endlich

5) der Alkohol.

162. Hauptsächlichste Nahrungsmittel.

Die vegetabilischen Nahrungsmittel sind, im Vergleich zu den animalischen, durchschnittlich ärmer an Eiweisskörpern und sehr arm an Fett; Leim fehlt ihnen gänzlich, während die Kohlenhydrate bedeutend überwiegen. Die Nahrung des Pflanzenfressers ist dem Thierleib minder ähnlich, sowie viel voluminöser und schwerer daulich als die des Fleischfressers, weil die Nährstoffe in Zellen abgelagert sind, deren Cellulose nur langsam gelöst wird. Daher die viel geringere Ausnutzung der Nahrungsmittel bei den Pflanzenfressern; in dem Kothe des Rindes kommt nach Henneberg und Stohmann durchschnittlich etwa die Hälfte des in der Nahrung aufgenommenen Quantums von Eiweisskörpern wie von Stickstofflosen Nährstoffen wieder zum Vorschein. In Zusammenhang damit steht die viel grössere Länge des Darms der Pflanzenfresser, gegenüber den Thieren die von gemischter, oder gar ausschliesslich von animalischer Nahrung leben.

Ein näheres Eingehen auf die wichtigsten Nahrungsmittel ist hier nicht möglich. Die beifolgende Tabelle gibt in runden Zahlen eine Uebersicht über die Procentmengen der hauptsächlichsten Bestandtheile der gewöhnlichsten Nahrungsmittel im Rohzustand und in einigen ihrer wichtigsten Bereitungsweisen.

Nahrungsmittel.	Eiweisskörper.	Leimarten und Leimgebende Gewebe.	Fette.	Amylon, Dextrin, Zucker.	Cellulose.	Extractivstoffe.	Organische Säuren.	Salze.	Wasser.	Alcohol.	Anmerkungen.
Säugethierfleisch	Muskelfaserstoff 16, Eiweiss 2	2	3		. . .	2	. . .	1	74	. .	Extractstoffe d. Fleisches: Milchsäure, Inosinsäure, Kreatin, Kreatinin, Hypoxanthin, Inosit nebst anderen Zuckerarten. Bei möglichster Extraction werden etwa 3% d. Fleisches ausgelaugt.
Fleischbrühe .	Eiweiss in kleinen Mengen mechanisch beigemengt	0,5	variable Mengen mechanisch beigemengt		. . .	0,3	. . .	0,3 ohne den Kochsalzzusatz.	$98^1/_2$	. .	
Hirn	Eiweiss 8	. . .	15		. . .	?	. . .	1	76		
Leber	Eiweiss 13,5	5	3,5	1—2 Amylon u. Zucker.	. . .	4	. . .	1	71		
Kalbsbröschen (Thymus.)	E. 21.	6	0,3		. . .	1,5	. . .	1	70		
Eigelb v. Huhn	Casein u. and. Eiweissk. 17.	. . .	29		. . .	1	. . .	1	52	. .	Das Weisse d. Hühnereies wiegt etwa doppelt so viel als der Dotter.
Eiweiss » »	Eiweiss 11	. . .	1—2	Spuren Zucker	. . .	2	. . .	0,5	84,5		
Kuhmilch . . .	Casein 4—5 Eiw. 0,2—0,5	. . .	4	Milchzucker 4	. . .	. . .	. . .	0,5	87		
Käse	Casein 33	. . .	24		. . .	. . .	. . .	5	38	. .	Ausserd. kleine Mengen flüchtiger Fettsäuren.
Butter	Casein 1,5	. . .	77		. . .	. . .	. . .	. . .	21,5		
Weizenmehl . .	13 Kleber und Eiweiss	. . .	1	61 Amylon 8 Dext. u. Zuck.	3,5	. . .	. . .	1	12—13		
Weizenkleie . .	16 Kleb. u. Eiw.	. . .	4	40 A. D. u. Z.	21	. . .	. . .	5	14		
Weizenbrod . .	9 Kleb. u. Eiw.	. . .	. . .	33—34 A. 11 D—2 Z.	. . .	. . .	. . .	1	43		
Roggenbrod . .	9 Kleb. u. Eiw.	. . .	. . .	40 A. D. u. Z.	5	. . .	. . .	1,5	44		
Bohne	22 Legumin u. Eiweiss	. . .	1,5	53 A. D. und etwas Z.	5	3	. . .	2,5	13		
Erbse	23 Leg. u. Eiw.	. . .	2	53 A. D. u. Z.	4	2	. . .	2	14		
Linse	27 Leg. u. Eiw.	. . .	2,5	56 A. D. u. Z.	2	?	. . .	1,5	11		
Kartoffel	1—2 Eiweiss	. . .	1,5	13 Amyl. 2 Dextr.	6	1,5	. . .	1	74		
Gelbrübe	1,5 E.	. . .	0,3	8 Z. u. D.	3	. . .	. . .	1,5	85		
Kohlrabi	2 E.	. . .	0,3	14 D. u. Z.	3	. . .	. . .	2	79		
Apfel	0,5 E.	. . .	. . .	8 Z. u. D.	8 Cellulose sammt Pectin	. . .	1	0,5	82		Rothwein: Gerbsäure. Bier: Bitterer Extractivstoff u. äther. Oel des Hopfens. Variabele Mengen freier Kohlensäure.
Birne	0,2 E.	. . .	. . .	7—11 Z. u. D.	4	. . .	kl. Mengen	0,4	84		
Kirsche	0,7 E.	. . .	. . .	8—11 Z.	1,3	. . .	0,5—1	0,7	75		
Traube	0,7 E.	. . .	. . .	15 Zucker	1,5	. . .	0,7	0,5	81		
Wein		. . .	. . .	0,5 Z.	. . .	0,3	0,5	0,2	86—92	5—12	
Bier	Spuren	. . .	. . .	6 Dextr. (u. Z.)	. . .	. . .	. . .	0,2	90—93	2—5	

B. Verdauungssäfte und deren Wirkungen.

163. Mundflüssigkeit.

Diese, eine Mischung von Mundschleim und der Absonderungen der drei Speicheldrüsenpaare darstellende Flüssigkeit ist fast farblos, etwas viscös, ohne Geschmack und Geruch. Sie enthält runde sogenannte Speichelkörperchen (abgestossene Epitelzellen, namentlich der kleineren Speicheldrüsen), Schleimkörperchen (ähnlich gebaute Körperchen, vorzugsweis aus den kleinen traubenförmigen Drüschen) und Pflasterepitelzellen der Mundschleimhaut. Frische Speichelkörperchen zeigen in ihrem Innern nach Brücke eine lebhafte Molecularbewegung. Die gewöhnlich schwach alkalische Reaction wird stärker während des Essens. Das specifische Gewicht beträgt 1005 (1004—1009); die Menge der festen Bestandtheile etwa 3/4 Procent, bei stärkerer Absonderung noch weniger. Von Einzelbestandtheilen sind hervorzuheben 1) Schleimstoff, 2) sehr kleine Antheile von an Alkali gebundenen Eiweisskörpern. 3) Speichelstoff (s. 166). 4) Das bloss in diesem Secret vorkommende Rhodankalium (Schwefelcyankalium), nachweisbar durch die rothe Färbung nach Zusatz von neutralem Eisenchlorid. 5) Die unorganischen Bestandtheile (besonders Chloralkalien, phosphorsaure Alkalien, und wenig kohlensaurer und phosphorsaurer Kalk) machen über die Hälfte des festen Rückstandes der Mundflüssigkeit aus.

Das Secret der Schleimdrüsen des Mundes zeigt die gewöhnlichen Eigenschaften des Schleimes. Der Speichel der Parotis (und Submaxillaris) wird gesondert erhalten mittelst Einführung feiner Röhrchen in die Ausführungsgänge, oder durch nach zufälliger Verwundung an Menschen entstandene oder künstlich an Thieren angelegte Fisteln des Stenonischen Ganges. Oehl gewann einige Tröpfchen Sublingualspeichel durch Catheterisiren des Bartholin'schen Ganges. Das Submaxillardrüsensecret ist im Hunde weniger alkalisch, aber viscöser und viel reicher an Speichelkörperchen, als der Ohrspeichel; im Menschen ist es nach Eckhard alkalischer als der Parotisspeichel, sowie (nach Oehl) ärmer an Rhodankalium, aber reicher an festen Bestandtheilen als das Parotissecret. Am stärksten alkalisch reagirt der Sublingualspeichel. Das frische Parotissecret reagirt zuweilen sauer, in Folge der Anwesenheit von doppeltkohlensaurem Kalk; entweicht die Kohlensäure in die Luft, so wird die Reaction zunehmend alkalischer und der Speichel selbst, durch Ausfällung von kohlensaurem Kalk trüblich.

164. Nerven der Speicheldrüsen.

Alle drei Speicheldrüsenpaare erhalten Nervenfasern von Sympathicus, Trigeminus und Facialis. Die Parotis wird versorgt vom (Schläfengeflecht des) Plexus caroticus externus und vom N. auriculo-temporalis des Trigeminus, welcher (s. unten) Beimischungen empfängt vom Facialis; die vom Facialis direkt zur Parotis verlaufenden Zweige durchsetzen wahrscheinlich bloss die Drüse. Die beiden unteren Speicheldrüsen erhalten (zunächst vom Ganglion maxillare) Nervenfasern von 1) dem N. lingualis Trigemini, 2) der Chorda tympani des Facialis und 3) Zweigen des Plexus maxillaris externus.

Die Speichelbildung wird nach Ludwig direkt angeregt von Fasern

des Facialis und Sympathicus, nicht aber vom Trigeminus. Reizt man mittelst der Schläge der Inductionsmaschine im Hunde die Submaxillardrüsennerven, so läuft aus dem Ausführungsgang der Drüse alsbald Speichel aus. Mit zunehmender Stärke des Reizes steigt, bis zu einer gewissen Grenze, die Absonderung überhaupt und die Menge der festen Bestandtheile des Speichels insbesondere (Heidenhain). Wird aber die Reizung länger fortgesetzt, so nimmt mit der Erschöpfung der Speichelnerven die Menge des aus dem Ausführungsgang Abfliessenden sehr ab, wobei das Secret noch wässeriger wird und ärmer an, namentlich organischen, Bestandtheilen. Ein in den Wharton'schen Gang eingesetztes Manometer zeigt, dass der Druck des in den Drüsencanälen Angesammelten erheblich grösser sein kann als der Blutdruck, ohne dass die Absonderung zum Stillstand käme.

Wird der Facialis an seinem Austritte aus dem Foramen stylomastoideum durchschnitten und hierauf die Wurzel des Nerven gereizt, so tritt die Speichelvermehrung gleichwohl ein (Ludwig und Rahn). Die Drüsenzweige gehen also vorher ab, und zwar: 1) für die zwei kleineren Speicheldrüsen durch die Chorda tympani (Schiff erhielt bei Reizung der blossgelegten Chorda in Katzen Speichelvermehrung in genannten Drüsen) und 2) zur Parotis durch den Petrosus superficialis minor. Das Ganglion geniculatum des Facialis und der N. petrosus superf. minor sind durch ein Aestchen mit einander verbunden. In dieses gehen die »Speichelnervenfasern« aus dem Facialis über, um durch den Petrosus minor und Ganglion oticum (des dritten Astes des Trigeminus) zum Ramus auriculo-temporalis und in die Parotis zu gelangen.

Auch der Sympathicus enthält Speichelnervenfasern. Reizung des Halssympathicus vermehrt (wenigstens in vielen Fällen) die Absonderung der Submaxillardrüse und der Parotis, doch in geringerem Grad als die Facialisreizung; auch ist das durch den Einfluss dieses Nerven gebildete Submaxillar-Secret reicher an Speichelzellen und Schleimbestandtheilen und desshalb zäher (Eckhard).

Während das Venenblut gewöhnlich dunkelroth und sparsam von der Submaxillardrüse abfliesst, ist die Reizung des Facialis mit einer bedeutenden Vermehrung der Blutzufuhr verbunden; das aus der Drüse ablaufende Blut ist alsdann hellroth gefärbt (Bernard). Einige Zeit nach der Durchschneidung der Drüsennerven entsteht eine Tage lang dauernde Vermehrung der Absonderung der Submaxillaris, die, nach Heidenhain mit gesteigerter Neubildung von Drüsenzellen verbunden ist.

165. Entfernte Ursachen der Speichelbildung.

Bidder und Schmidt schätzen die Gesammtmenge der Mundflüssigkeiten auf 1500 Gramme in 24 Stunden. Oehl erhielt in 1 Stunde aus der Parotis über 2, aus der Submaxillaris gegen 7 Gramme Speichel; beide Drüsenpaare würden demnach in 24 Stunden über 400 Gramme absondern. Zahlreiche Einflüsse rufen die Absonderung hervor oder steigern die vorhandene Absonderung, und zwar in der Regel auf reflectorischem Wege; namentlich:

1) Reizung der Geschmacksnerven durch Geschmacksstoffe. Die Reizung wird auf die Drüsennervenfasern des Facialis reflectirt.

Mechanische Reizung des centralen Theils des Glossopharyngeus vermehrt nach Ludwig und Rahn, die Secretion ebenfalls; während diess nicht mehr geschieht nach Durchschneidung des Facialis in der Schädelhöhle.

2) Reizung der Tastnerven (Trigeminus) der Mundhöhle, z. B. mit scharfen (nicht eigentlich schmeckbaren, s. 442) Stoffen; aber auch andere Reize, z. B. galvanische, des N. lingualis Trigemini veranlassen einen Abfluss von Secret aus der Submaxillardrüse.

Der Reflex von den sensibeln Trigeminusfasern auf die Speichelnerven (Chordafasern) wird in diesen Fällen nicht bloss von den Nervencentren, sondern vielleicht auch vom Ganglion maxillare vermittelt. Bernard durchschnitt nämlich den Lingualis vor dem Abgang des Submaxillardrüsenzweiges und setzte also die Lingualis- und Chordafasern ausser Zusammenhang mit den Nervencentren; gleichwohl bewirkte Reizung der Zunge Speichelsecretion, was aber nicht mehr der Fall war, nachdem die Fäden durchschnitten wurden, welche das Maxillarganglion mit dem N. lingualis verbinden. Die Thatsache selbst wird übrigens von Eckhard bestritten, von Anderen, z. B. Bidder bestätigt.

3) Reizung der Magennerven, namentlich nach Einbringen von Speisen in den Magen, was auch direkt durch eine Magenfistel geschehen kann (Frerichs). Der Reflex geht hier vom Vagus auf die Chordafasern. Reizung des Halstheiles des N. vagus oder, nach dessen Durchschneidung, des centralen Nervenstückes, vermehrt nach Oehl die Absonderung der Submaxillaris derselben Seite. Diese Wirkung ist allerdings besonders deutlich erst bei zugleich eintretenden Würgbewegungen (die, s. unter 5, in ihrer Weise die Speichelbildung vermehren).

4) Reizung der Geruchsnerven durch bestimmte Gerüche.

5) Die Thätigkeit der Kau- und Mundmuskeln vermehrt ebenfalls die Speichelsecretion. Besonders wirksam sind die Kaubewegungen und das Sprechen (die kleine Portion des Trigeminus versorgt die Kaumuskeln), sowie die dem Brechakt vorhergehenden, mit Ekelgefühl verbundenen heftigen und unregelmässigen Bewegungen der Muskeln des Hintermundes und Schlundes.

6) Die Vorstellung von Speisen, besonders bei Hungernden, vermehrt die Absonderung, namentlich der Parotis. Gewisse Mittel, z. B. Mercurialia, welche Affectionen der Mundorgane setzen, vermehren die Absonderung anhaltend und oft in hohem Grade, wogegen schwefelsaures Atropin schon in kleinen Dosen eine auffallende Trockenheit der Mundschleimhaut bewirkt und nach Keuchel den Einfluss der Chordafasern so vollständig aufhebt, dass die Absonderung der Submaxillaris aufhört.

166. Wirkungen der Mundflüssigkeit.

Sie befeuchtet die Mundhöhle, verhütet das Trockenwerden ihrer Wandungen und unterstützt das Schmecken. Die der Verdauung angehörenden Wirkungen sind vorzugsweis 1) Lösung von im Wasser löslichen Stoffen, 2) Einspeichelung, namentlich der trockenen Speisen vor dem Abschlucken; 3) Umsetzung der Stärke ($C_6 H_{10} O_5$) in das isomere Dextrin und, unter Wasseraufnahme, in Traubenzucker ($C_6 H_{12} O_6$) (Leuchs), in Folge der Wirkung eines, nicht näher gekannten, Fermentkörper's (Ptyalin). Versetzt man Speichel oder wässerigen

Speicheldrüsenauszug mit dreibasischer Phosphorsäure und sodann mit Kalkwasser bis zu schwach alkalischer Reaction, so reisst der niederfallende basischphosphorsaure Kalk nach Cohnheim das zuckerbildende Ferment mit sich. Letzteres wird aus dem Niederschlag mittelst Wasser ausgezogen, durch Weingeist in Form weisser (keine Eiweissreactionen gebender) Flocken gefällt, die, in Wasser gelöst, die Stärke rasch in Zucker umwandeln. Die übrigen Nährstoffe erleiden keine chemischen Veränderungen durch die Mundflüssigkeit. Die Ausrottung sämmtlicher Speicheldrüsen im Hunde soll nach Fehr die Verdauung nicht wesentlich benachtheiligen; im Pflanzenfresser, der eine viel stärkere Einspeichelung bedarf, verhält es sich wohl anders.

Um die unter 3 genannte Wirkung nachzuweisen, versetzt man Speichel mit roher oder besser, gekochter Stärke, die besonders schnell umgewandelt wird. Der gebildete Traubenzucker reducirt Kupferoxyd aus mit Kali oder Natron versetzten Lösungen von Kupferoxydsalzen; es entsteht ein rother Niederschlag von Kupferoxydul oder ein gelber von Kupferoxydulhydrat (Trommer'sche Zuckerprobe). Trotz des kurzen Aufenthaltes der Speisen im Munde, werden nicht unerhebliche Mengen Amylon daselbst in Zucker verwandelt (Vintschgau).

Der Ohrspeichel des Menschen setzt Amylon um, weniger kräftig wirkt der des Hundes und mancher anderen Thiere (Lassaigne). Auch das menschliche Submaxillardrüsensecret ist wirksam (Eckhard), sowie in allen Thieren, ausser der gesammten Mundflüssigkeit, das Secret der zwei kleinen Speicheldrüsen im Verein mit dem Mundschleim (Bidder und Jacubowitsch).

167. Magensaft.

Die Magensecrete sind zweierlei: 1) Schleim, gebildet in den Schleimdrüsen des Magens, sowie durch Abstossung und theilweise Auflösung des Schleimhautepitels. Im leeren Organ überzieht eine meist dünne, schwach alkalisch reagirende Schleimschicht die blassrothe Schleimhaut. 2) Magensaft, abgesondert von den Labdrüsen. Derselbe ist dünnflüssig, fast farblos, an sich ohne Formelemente (einzelne Labzellen aus den Drüschen sind aber häufig beigemischt), von säuerlich salzigem Geschmack. Er widersteht der Fäulniss lange (Spallanzani) und wird durch Kochen nicht getrübt. Die sauere Reaction ist bedingt durch freie Salzsäure (Prout). Das specifische Gewicht beträgt 1002,5 im Menschen und 1005 im Hunde, dessen Magensaft viel stärker sauer reagirt. Nach Bidder und C. Schmidt führt der menschliche Magensaft bloss etwa $\frac{1}{2}$ Procent Fixa, und zwar pro mille: Pepsin 3 (s. 168), freie Salzsäure 0,2, und Mineralbestandtheile 2 (Verbindungen von Alkalien und Erden mit Chlor und etwas Phosphorsäure). C. Schmidt zeigte, dass der Magensaft viel mehr Chlor enthält, als Basen vorhanden sind, um diese zu sättigen, so dass die Anwesenheit freier Salzsäure nicht bezweifelt werden kann.

Der Magensaft wird mit Hülfe von Magenfisteln angesammelt. Diese können zufällig entstehen, z. B. durch Verwundung des Magens (ein Fall der Art wurde zuerst von Beaumont an einem Menschen beobachtet und zu Verdauungsversuchen benutzt); künstliche Magenfisteln legten Blondlot und gleichzeitig Bassow zuerst an durch Abschnüren eines Stückes Magen. Das

Abgeschnürte wird schnell brandig und die Umgebung verheilt mit der Bauchwunde. In die Fistelöffnung wird eine Röhre eingesetzt, aus welcher der Magensaft in einen damit verbundenen Behälter abfliesst.

Das leere Organ bereitet in der Regel keinen, oder (s. unten) nur sehr wenig Magensaft, dagegen beginnt die ausgiebige Secretion einer stark sauren Flüssigkeit schnell nach Einbringen von Speisen in den Magen, dessen Schleimhaut zugleich blutreich wird und anschwillt. Hunde sollen nach Bidder und Schmidt täglich eine Magensaftmenge von $^1/_{10}$ ihres Körpergewichts bilden; diess würde für den Menschen etwa $6^1/_2$ Kilogramme ergeben. Nasse fand in dem Hund für 1 Kilogramm Körpergewicht und 1 Stunde 1,3 bis 3,2, ja selbst 5,7 Gramme Magensaft; sogar mechanische Reize, z. B. Steinchen, veranlassen namentlich in hungernden Thieren einige Secretion.

Die Grösse und Qualität der Absonderung hängt auch von der Beschaffenheit des Mageninhaltes ab; schwer dauliche Substanzen z. B. veranlassen eine besonders reichliche und sauere Absonderung. Nach Schiff fördert der Uebergang gewisser Stoffe, Dextrin z. B., in die Blutmasse sowohl die Magenverdauung des Eiweiss als die Verwendbarkeit der Magenschleimhaut zu künstlichen Verdauungsversuchen, und zwar selbst dann noch, wenn jene Stoffe auf andern Wegen, z. B. durch den Mastdarm oder direkt in den Kreislauf einverleibt werden.

Sogar die Vorstellung von Speisen kann, namentlich in Hungernden einige Absonderung bewirken. Heftige Gemüthsbewegungen sind im Stand, die Magenverdauung (durch Secretionsstörung?) zu hemmen. Dass die Absonderung unter dem Einfluss des Nervensystems steht, ist unzweifelhaft, wenn gleich die bis jetzt angestellten Versuche fast nur zu negativen Ergebnissen geführt haben.

Durchschneidung der Nn. vagi am Halse verändert den Magensaft nicht unmittelbar, sondern nur insofern als die Gesammtconstitution schwer beeinträchtigt wird (Bidder und Schmidt); aber auch die Trennung der Nerven neben der Cardia (bis zu welcher Stelle dieselben zahlreiche sympathische Fasern aufgenommen haben) ist ohne direkte Wirkungen auf die Secretion (Budge) und die Thiere gehen nicht nothwendig zu Grunde. Auch vernichtet nach Schiff die beiderseitige Durchschneidung des Nervus splanchnicus major oder die Ausreissung des Plexus coeliacus die Secretion des Magensaftes erst dann, wenn starkes Wundfieber sich eingestellt hat. Schiff beobachtete nach Durchschneidung der Crura cerebri oder der Thalami optici im Hunde abnorme Blutfüllung und verschiedene Ernährungsstörungen, Ulceration u. s. w. der Schleimhaut des Magens und Darmkanals. Diese Folgen, welche Schiff von vasomotorischen Nerven ableitet, bleiben aus, wenn dem Thier weiches Futter, welches die Schleimhaut weniger reizt, gereicht wird.

168. Peptone.

Die verdauende Kraft des Magensaftes bezieht sich ausschliesslich auf Eiweisskörper, fertige Leimsubstanzen (Knorpel- und Knochenleim) und leimgebende Gewebe (Bindegewebe, Sehnen, Knochen u. s. w.). Im verdauten Zustand heissen diese Körper Peptone (Lehmann, Meissner, Brücke). Was die Eiweisssubstanzen betrifft, so werden 1) die ungelöst in den Magen aufgenommenen, z. B. geronnenes Eiweiss, allmälig gelöst; von den gelöst eingebrachten werden 2) manche, z. B. Casein, zunächst gefällt und sodann wieder gelöst, während 3) andere gelöst bleiben, z. B. flüssiges Eiweiss. Die Eiweisspeptone bieten wichtige Veränderungen, ohne jedoch ihre frühere elementare Zusammensetzung zu verlieren; sie reagiren sauer,

gerinnen nicht mehr in der Hitze; von zahlreichen Fällungsmitteln (Mineralsäuren, vielen Salzen der schweren Metalle), mit denen sie vorher Niederschläge bildeten, werden sie nicht mehr gefällt; sie sind in Wasser leicht löslich und (s. 188) gut resorbirbar; die Polarisationsebene drehen sie nach links (Corvisart); sie werden durch das Millon'sche Reagens (Mischung von salpetersaurem Quecksilberoxyd mit salpetriger Säure) wie die Eiweisskörper roth gefärbt. Uebrigens zeigen die Peptone der einzelnen Eiweisskörper Unterschiede in einzelnen Nebenreactionen. Die Leimpeptone erstarren beim Erkalten nicht mehr zur Gallerte, eine Wirkung, welche allerdings auch Säure für sich (jedoch in grösseren Quantitäten) auf den Leim ausübt (Mialhe).

Die Umwandlung der Eiweisskörper in Peptone geschieht übrigens durch verschiedene Zwischenstufen. Es kann aber nicht befremden, dass die Peptone und ihre, nur auf Grund qualitativer Reactionen aufgestellten Abarten nichts weniger als chemisch wohl charakterisirte Körper darstellen. Man findet in einer Mischung von Magensaft und Eiweisskörpern a) noch nicht verdaute Albuminsubstanz, deren Menge allmälig abnimmt; b) Albuminpepton mit den definitiven Eigenschaften der Peptone; c) einen Eiweisskörper, der nach Neutralisirung der sauren Flüssigkeit niederfällt und die Reactionen des Syntonin's bietet. Zum Unterschied von den Peptonen ist derselbe also in Wasser nicht löslich, sowie er auch, wie die Eiweisskörper überhaupt nur schwer resorbirbar ist. Er ist somit kein definitives Verdauungsprodukt, sondern geht allmälig in wahres Pepton über (Brücke).

169. Pepsin und Magensaftsäure.

Der Magensaft verdankt seine verdauende Kraft dem Pepsin und der freien Säure. Eberle wies im wässerigen Auszug der Magenschleimhaut einen organischen Körper nach, welcher bei der Verdauung eine wichtige Rolle spielt. Schwann isolirte einigermaassen dieses von ihm als specifisch erkannte »Verdauungsprincip«, das er Pepsin nannte, und überzeugte sich von seiner verdauenden Wirkung. Das Pepsin ist ein weisser Körper, stickstoffhaltig, von den Eiweisskörpern jedoch in verschiedenen Reactionen abweichend; leicht löslich in Wasser, namentlich in schwach angesäuertem; durch Kochen wird es nicht ausgefällt, verliert jedoch seine verdauende Kraft, durch Alkohol wird es niedergeschlagen, ist aber dann noch in Wasser löslich und wirksam. Aus wässerigen Lösungen wird es gefällt durch viele Metallsalze.

Keine Bereitungsweise liefert ein reines, unter allen Umständen gleichartiges Pepsin; Eiweiss oder Peptone u. s. w. sind immer beigemischt. 1) Wasmann fällte den Wasserauszug der Magenschleimhaut mit essigsaurem Blei; versetzte den erhaltenen Niederschlag (Bleiverbindung des Pepsin) mit Wasser und zerlegte denselben durch Schwefelwasserstoff. Es bildet sich unlösliches Schwefelblei, während das wieder gelöste Pepsin mittelst Alkohol ausgefällt wird. 2) Payen fällt das Pepsin durch Zusatz von rectificirtem Weingeist im Ueberschuss. Der Niederschlag hält, ausser Pepsin, kleine Mengen Eiweiss und Schleim. Der Niederschlag wird wieder mit Wasser behandelt, wobei letztere Substanzen ungelöst bleiben. Das gelöste Pepsin wird durch Alkohol abermals gefällt und bei mässiger Wärme getrocknet. 3) Brücke digerirt die Schleimhaut mit verdünnter Phosphorsäure nnd sättigt nahezu die Flüssigkeit mit Kalkwasser. Das niederfallende Kalkphosphat reisst Pepsin mechanisch mit sich nieder; löst man den Niederschlag mit etwas Salzsäure wieder auf, so erhält man eine sehr wirksame Verdauungsflüssigkeit.

Spallanzani stellte zuerst Verdauungsversuche ausserhalb des Körpers an. Man benutzt dazu 1) den Magensaft selbst; 2) den Wasserauszug der Magenschleimhaut eines während der Verdauung getödteten Thieres, angesäuert mit etwas Salzsäure

(sogenannter künstlicher Magensaft (Eberle). Die Salzsäure kann auch durch andere Säuren, namentlich Phosphorsäure, Milchsäure vertreten werden; diese Vertretung geschieht aber nicht nach chemischen Aequivalenten (Valentin). 3) Angesäuerte Pepsinlösung. 4) Das Glycerinextract der Magenschleimhaut (Wittich). Als zu verdauende Stoffe benützt man Fibringerinnsel, die besonders rasch aufgelöst werden; kleine Stückchen von Fleisch, von nicht zu fest geronnenem Eiweiss u. s. w. Die Körperwärme beschleunigt die Auflösung.

Bei Verdauungsversuchen im Magen selbst bringt man die Substanzen in kleinen durchlöcherten Röhrchen durch die Fistelöffnung ein.

Zur Verdauung ist unerlässlich das Zusammenwirken der freien Säure und des Pepsins. Säure für sich reicht nicht aus (Eberle), ebensowenig Pepsin allein. Verdünnte Salzsäure befördert die Quellung der geronnenen Eiweisskörper und löst dieselbe, z. B. geronnenes Fibrin, nach und nach auf; das Gelöste ist aber kein wahres Pepton, es gibt die Reactionen des Syntonin (168, Anmerk.). Nach Neutralisirung der Säure des Magensaftes, oder in nicht angesäuerter Pepsinlösung, werden die Eiweisskörper nicht verdaut, und gehen bald in Fäulniss über. Andererseits hat der Magensaft, als Verbindung beider Substanzen, das Vermögen, in verdauungsfähigen Körpern, die zu faulen beginnen, den Process zum Stillstand zu bringen und dieselben aufzulösen (Spallanzani). Die zur Verdauung erforderlichen Pepsin- und Säuremengen können innerhalb weiter Grenzen schwanken, jedoch ist bei einem bestimmten Verhältniss die verdauende Kraft am grössten (Schwann). Für geronnenen Blutfaserstoff z. B. ist nach Brücke $\frac{1}{1000}$ Salzsäure die passendste Säuremenge.

Eine bestimmte Menge Magensaft oder künstliche Verdauungsflüssigkeit vermag an sich nur eine bestimmte Menge Eiweisskörper zu lösen; 100 Theile des sehr wirksamen Magensaftes des Hundes z. B. lösen etwa 2—4 Theile geronnenes Eiweiss; die Anwesenheit der Peptone hindert also die Lösung weiterer Eiweissmengen in ähnlicher Weise wie bei der Gährung die Gährungsprodukte (Alkohol, Milchsäure) den Vorgang unterbrechen. Nach Zusatz aber von angesäuertem Wasser werden weitere Quantitäten verdaut u. s. w.; demnach kann eine kleine Menge Pepsin, ohne selbst verändert zu werden, als wirksamer Fermentkörper, nach und nach grosse Mengen Eiweisssubstanzen bewältigen. Die Entfernung der gebildeten Peptone durch Resorption beschleunigt demnach die Verdauung in hohem Grade. Aufgehoben wird die Wirkung des Magensaftes durch Mineralsäuren, kaustische Alkalien, Alaun, viele Metallsalze, concentrirten Alkohol, Gerbsäure u. s. w.

170. Magenverdauung im Ganzen.

Während der Magenverdauung entleert sich das Organ allmälig und zwar 1) durch Resorption der an sich löslichen oder der löslich gemachten Stoffe von Seiten der Magenschleimhaut (ohne Zweifel mehr in der Pars pylorica) und 2) durch portionenweisen Uebergang des Mageninhaltes in den Dünndarm, wo die Massen mit neuen Säften: Galle, Bauchspeichel und Darmsaft in Berührung kommen. 3—5 Stunden nach Beginn der Mahlzeit ist die Magenverdauung

gewöhnlich beendet und das Organ leer. Kleine Mengen des Eingebrachten treten unter Umständen sehr bald, nach $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde, in den Dünndarm über, wie Busch an einem Individuum beobachtete, das mit einer Fistel im obern Dünndarm behaftet war. In anderen Darmfistelpatienten kamen aber die ersten Portionen des Abgeschluckten erst viel später, nach 3 und noch mehr Stunden zum Vorschein.

Das Pepsin wird in den Labdrüsen keineswegs beständig erzeugt. Unmittelbar nach vollständiger Verdauung einer starken Mahlzeit vermag der leere Magen keine grösseren Eiweissmengen zu verdauen, auch gibt die Schleimhaut alsdann nur eine wenig wirksame künstliche Verdauungsflüssigkeit (Schiff).

Die vielfach besprochene Ursache, warum der Magensaft die lebende Magenschleimhaut selbst nicht verdaut, ist nicht erkannt; unstatthaft ist Pavy's Ansicht, das alkalische Blut neutralisire die verdauende Wirkung des Magensaftes. Wie sollte alsdann das Blut die Darmschleimhaut gegen den alkalischen Darmsaft schüzen?

Die Ergebnisse der Magenverdauung sind: 1) Verdauung der Eiweisskörper, und zwar vielleicht nahezu vollständig, wenn sie in kleinen Mengen in den Magen gelangen; bei grösseren Mengen geht ein namhafter Theil unverdaut oder halbverdaut in den Dünndarm über. 2) Lösung der im Wasser löslichen Substanzen, z. B. viele Salze, Zucker, Gummi. 3) Theilweise Lösung von in Wasser unlöslichen Salzen durch die Magensäure; z. B. Kalksalze, manche Magnesiasalze. 4) Fortsetzung der Speichelwirkung. Bei stärkmehlhaltiger Nahrung findet sich immer etwas Zucker im Magen (Frerichs); der Magensaft selbst vermag Stärkmehl nicht umzusetzen und das meiste Amylon geht unverändert in den Dünndarm über. 5) Alle übrigen Nährstoffe, namentlich die Fette, werden im Magen nicht verdaut.

171. Galle.

Wir betrachten nur das Secret an sich und dessen Schicksale im Darmrohr, dagegen die Absonderung der Galle u. s. w. erst in Abschnitt XI.

Die Galle ist gelblichbraun bei Fleischfressern, grünlich bei Pflanzenfressern; bitter schmeckend; von mässiger Viscosität, die übrigens bedeutend zunimmt beim längeren Verweilen in der Gallenblase; an sich ohne Formbestandtheile, sparsame Epitelzellen der Gallenwege und Gallenblase abgerechnet (Thiere mit Gallfisteln zeigen immer katarrhalische Reizung der Gallenblase und desshalb stärkere Epitelbeimischungen in der Galle). Die Reaction ist schwach alkalisch oder neutral. Das specifische Gewicht der Blasengalle des Menschen beträgt 1020—1030. In der Blase findet übrigens eine bedeutende Aufsaugung, namentlich von Wasser statt; das durch eine Fistelöffnung aus der Blase, ohne Aufenthalt daselbst, Auslaufende zeigt eine viel geringere Eigenschwere.

Die Blasengalle des Menschen enthält etwa 10 % feste Bestandtheile (die Fistelgalle von Thieren 3—5 %). Unter diesen sind hervorzuheben 1) sehr wechselnde, meist aber geringe Mengen Schleim; derselbe kommt nicht blos von der Gallenblase, sondern auch von den Gallenkanälen her, deren Schleimhaut nach Theile und E. H. Weber reich an Schleimdrüschen ist. 2) Fette,

etwa 1 %: neutrale, verseifte und das sog. Gallenfett (Cholesterin). 3) Unorganische Salze, gegen 1 %, (Kalk, Magnesia, Kali und besonders Natron, — Phosphorsäure, Chlor). 4) Besondere, stickstoffhaltige Farbstoffe (namentlich das sog. Bilirubin) etwa 1/2 %. Die grüne Galle enthält, ausser Bilirubin, als zweiten Farbstoff des sog. Biliverdin (Städeler). Nach Zusatz von, etwas salpetrige Säure haltender, Salpetersäure wird die vorher gelbe Galle grün. sodann blau, violett, roth und schliesslich unrein gelb (Gmelin's Gallenfarbstoffreaction). 5) Charakteristisch für die Galle sind zwei stickstoffhaltige, an Natron gebundene Säuren, die Strecker näher kennen lehrte: Glycocholsäure und die schwefelhaltige Taurocholsäure in Mengen von 4—7 % (S. 228).

Die Gallensäuren, also auch die Galle, färben sich nach Zusatz von etwas Zucker und concentrirter Schwefelsäure schön purpurviolett (Pettenkofer). Eine ähnliche, wenn auch nicht so lebhafte Reaction geben aber auch fast alle im Organismus vorkommende Fettsäuren (am ausgezeichnetsten die Oelsäure, nach Beneke), ferner unter bestimmten Bedingungen des Cholesterin (Moleschott) und die Eiweisskörper. Die auf diese Weise geröthete Gallensäure zeigt jedoch bei mittlerer Concentration im Spectroscop (13) 4 Absorptionsstreifen (den grössten und stärksten bei Linie E), wodurch sie von den, bloss einen Absorptionsstreifen gebenden gerötheten Eiweisskörpern unterscheidbar ist (Koschlakoff).

Die Glycocholsäure fehlt öfters, z. B. in der Hundegalle, wogegen in gewissen Thieren neue Gallensäuren vorkommen, z. B. im Schwein die Hyocholsäure (ein Analogon der Glycocholsäure) und in kleinen Mengen die Schwefelhaltige Hyocholeinsäure; in der Gänsegalle nach Heintz die Taurochenolsäure. Die Menschengalle enthält vorzugsweis Taurocholsäure und nur wenig Glycocholsäure.

172. Beziehungen der Galle zur Verdauung.

Der Erguss der Galle hoch oben in das Darmrohr, und zwar besonders zur Zeit der Darmverdauung selbst, lässt auf den ersten Anblick auf umfassende verdauende Kräfte des Secretes schliessen. Die Erfahrung hat das Gegentheil ergeben. Die Verdauung der Eiweisskörper wird durch die Galle nicht befördert. Im Gegentheil; gelangt dieselbe in abnormer Weise in den Magen, so wird die Verdauung daselbst gestört. Zusatz von Galle oder gallensauren Salzen zu einer Peptonlösung bewirkt einen Niederschlag, der sowohl Gallenbestandtheile als auch Eiweisskörper enthält. Das Pepsin wird durch die Gallensäuren ausgefällt (Brücke, s. auch 179. I.). Thiere mit Gallenblasenfisteln, bei denen sämmtliche Galle nach Aussen abläuft, verdauen die Eiweisskörper in regelrechter Weise. Ebensowenig trägt das Secret zur Verdauung anderer Nährstoffe bei; auf Amylon z. B. ist es wirkungslos und die Fäces von Thieren mit Gallenfisteln enthalten kein unverdautes Amylon.

Eine längst gehegte Ansicht, dass die Galle für die Fette im Darmkanal von Bedeutung sei, hat in neuerer Zeit vielfache experimentelle Bestätigungen gefunden. Brodie bemerkte, dass die bei fettreicher Nahrung durch ihren weissen, fettigen Inhalt ausgezeichneten Chylusgefässe, nach Unterbindung des Gallenganges eine blasse, also fettarme Flüssigkeit enthalten; Bidder und Schmidt bestätigten den auffallend geringen Fettgehalt des Chylus in Gall-

fistel-Thieren, und wiesen zugleich nach, dass in den Fäces solcher Thiere von der mit der Nahrung aufgenommenen Fettmenge über die Hälfte, oft noch viel mehr, unverändert zum Vorschein kommt. Dem entspricht auch die Erfahrung, dass der Körper der Gallfistelthiere auffallend arm ist an abgelagertem Fett. Die Galle verändert übrigens die Fette nicht chemisch, sie spielt also auch hier nicht die Rolle eines Verdauungssaftes im engeren Sinn, wohl aber trägt sie, wie im Abschnitt XI. gezeigt wird, zur Aufsaugung der Fette wesentlich bei.

Alle in diesem § angeführten Erfahrungen lassen freilich nur den Schluss zu: die Galle kann fehlen beim Verdauungsprozess, nicht aber: die Galle ist, wo sie wirken kann, bedeutungslos. Nach Ausschneidung des Pankreas ist die Verdauung keines einzigen Nährstoffes aufgehoben, und doch läugnet Niemand, dass der Bauchspeichel ein Verdauungssaft sei. Die Rolle des fehlenden Secretes wird durch andere Secrete ersetzt. Von Nebenwirkungen der Galle sind hervorzuheben: Reizung der Schleimhaut zur stärkeren Absonderung (des Darmsaftes? Darmschleimes?) und Bethätigung der peristaltischen Bewegung des Darmes. Uebermässiger Erguss der Galle bedingt desshalb Durchfall, gehemmter Abfluss dagegen Verstopfung.

173. Pankreatischer Saft.

Regner de Graaf band in den Wirsung'schen Gang eine Röhre ein zur Gewinnung des Secretes; der erste Fall (im Jahr 1664) einer zu experimentell-physiologischen Zwecken angelegten Drüsenfistel. Bleibende Fisteln des Pankreas erzielten Ludwig und Weinmann. Die Absonderung ist eine intermittirende; sie beginnt mit der Nahrungsaufnahme und erreicht mehrere Stunden später ihren Höhepunkt. Die Stärke der Absonderung wird übrigens von so vielen, zum Theil unbekannten Nebenmomenten bestimmt, dass die Angaben über die 24stündige Absonderungsgrösse um nicht weniger als das Vierzigfache aus einander liegen (für den Menschen berechnet zwischen 200 bis 7500 Grammen täglich!).

Die Drüse ist reich an Nerven, welche mit den Arterien in das Organ eindringen. Die Reizung des centralen Stumpfes der durchschnittenen N. n. vagi sistirt auf reflectorischem Wege, die Absonderung (Bernstein); analog wirkt die Brechneigung und das wirkliche Brechen. Nach möglichst vollständiger Durchschneidung der Drüsennerven steigt die Secretion und zeigt, indem sie constant wird, nicht mehr die durch die Nahrungsaufnahme bedingte Steigerung (Bernstein).

Das Drüsengewebe enthält neben löslichem Albumin mehrere amidartige Körper, Abkömmlinge des Albumins, namentlich Leucin in auffallend grosser Menge (bis fast 2 % der frischen Drüse) (Städeler und Frerichs) und Tyrosin (s. 174. I.).

Der pankreatische Saft ist farb- und geruchlos, fadenziehend, ohne Formbestandtheile, stark alkalisch; an der Luft zersetzt er sich ziemlich rasch. Die Menge der festen Bestandtheile beträgt $1\frac{1}{2}$—6 %. Das von temporären Fisteln abgegebene Secret zeigt die genannten Eigenschaften in höherem Grade,

namentlich einen grösseren Gehalt (6—10 % und mehr) fester Bestandtheile. Ausser den Mineralbestandtheilen (1/5—1 %) ist zu nennen ein Eiweisskörper (dem Albumen nahestehend), gerinnbar in der Hitze und fällbar durch Alkohol, ohne jedoch dadurch seine Löslichkeit in Wasser zu verlieren. Ueber die wirksamen Fermentsubstanzen s. 174 Anmerkung.

174. Verdauende Kraft des Bauchspeichels.

Die Drüse kann ausgeschnitten werden, ohne eingreifende Ernährungsstörungen; nach Schiff soll alsdann die verdauende Kraft des Magens sogar zunehmen, weil (?) der Bauchspeichel dem Blute keine zur Bildung ihrer Verdauungssäfte verwendbare Bestandtheile mehr zu entziehen im Stande sei. In einzelnen Fällen vollständiger Entartung des Pankreas im Menschen sollen Verdauungsstörungen gleichfalls gefehlt haben.

I. Eiweisskörper. L. Corvisart und Meissner zeigten, dass durch das Secret oder den wässrigen Drüsenauszug Eiweisskörper gelöst und zu Peptonen umgewandelt werden.

Das Pankreasinfus ist vorzugsweis wirksam von einem während der Verdauung getödteten Thier. Ueber den Einfluss der Milz s. 235.

Bei der Pankreasverdauung von Eiweisskörpern bilden sich Tyrosin und Leucin in reichlicher Menge und zwar, da letztere zunehmen, während die Peptone abnehmen, aus den Peptonen selbst (Kühne). Die Bildung solcher Produkte der regressiven Metamorphose von Eiweisskörpern muss somit eine Minderung der zur Ernährung der Gewebe erforderlichen Zufuhr von Albuminaten zur Folge haben.

II. Amylacea. Stärke wird sehr rasch umgesetzt in Dextrin und Traubenzucker (Valentin), eine Wirkung, die von Bedeutung ist, da viel unverdautes Amylon in den Dünndarm gelangt und ein Zusatz von Magensaft oder Galle nicht hindernd wirkt. Die Drüse ist übrigens auch in Fleischfressern, deren Nahrung kein Stärkmehl enthält, gehörig entwickelt.

III. Fette. Wird der wässrige Auszug der Drüse (Eberle) oder deren Secret (Bernard) mit neutralen Fetten geschüttelt, so werden letztere 1) fein emulsionsartig vertheilt und 2) theilweise in Glycerin und Fettsäuren zerlegt, sodass die Mischung rasch sauer reagirt. Ob dieses im Reagenzglas kräftig sich geltend machende umsetzende Vermögen des Saftes auch im Darmcanal zur Geltung kommen könne, ist immer noch strittig. Bidder und Schmidt stellen eine Fettverdauung des Pankreassaftes fast gänzlich in Abrede. Freie Fettsäuren, resp. verseifte Fette kommen im Darm nur in relativ kleinen Antheilen vor und auch im Chylus und Blut treten die Fettseifen gegen die neutralen Fette sehr zurück.

Verseifte Fette sind leicht resorbirbar. Kühne und Radziejewsky zeigten, dass nach Zusatz von Seife zu fettfreier Nahrung in den Fäces des Hundes keine Seife zum Vorschein kommt. (S. auch 285.)

Aus Obigem würde folgen, dass der Pankreassaft, wie die Galle, auf irgend welche Weise die Resorption der neutralen Fette, als solcher begünstigt. Aber selbst diese Wirkung des Saftes scheint keine sehr eingreifende zu sein, denn:

1) Unterbindung des Wirsung'schen Ganges hemmt die Fettaufsaugung nicht (Frerichs). 2) Der Chylus von Kühen, in denen Colin und Lassaigne Pankreasfisteln anlegten, zeigte nahezu den normalen Fettgehalt. 3) Die Fäces solcher Thiere sind nicht ungewöhnlich fettreich.

Diese Erfahrungen widerlegen jedenfalls die Behauptung Bernard's, dass der Pankreassaft als wichtigster oder gar einziger Factor bei der Fettabsorption zu betrachten sei. Immerhin kann aber die in Gallfistelthieren in beschränkter Weise stattfindende (s. 172) Fettabsorption vorzugsweis durch den pankreatischen Saft vermittelt werden. Die fragliche Funktion des Pankreassaftes dürfte sich deutlicher geltend machen bei starker Fettzufuhr, die durch Galle allein nicht bewältigt werden kann.

Nach Kühne und Danilewsky hängt jede der unter I—III genannten Wirkungen von einem specifischen Fermentkörper ab; aus dem Pankreasinfus wird 1) der Eiweisskörper verdauende Stoff mittelst Collodium, sowie 2) der die Fette zerlegende durch Zusatz von gebrannter Magnesia niedergeschlagen, worauf der Saft seine Wirkung auf die Fette verliert. 3) Das Zuckerbildende Ferment erhielt Cohnheim nach der beim Speichel beschriebenen Methode; der entstehende Kalkniederschlag reisst auch das Eiweisslösende Ferment mit sich.

175. Darmsaft.

Die schlauchförmigen Drüsen der Schleimhaut des Dünndarms bilden den Darmsaft. Auch der Dickdarm sondert in geringem Grade ein ähnliches Secret ab. Die, ohne Zweifel schleimige, Absonderung der, nach dem Typus der traubenförmigen Schleimdrüschen des oberen Verdauungstractus gebauten, Brunner'schen Drüsen des Duodenums ist nicht näher bekannt. Der Darmsaft ist farblos, viscös, stark alkalisch; er enthält Epitelzellen der Darmdrüschen beigemischt. Die Menge der Fixa beträgt 2—3½ %, darunter eine nicht näher gekannte organische, durch Alkohol fällbare, in Wasser aber wieder lösliche Substanz.

Die verdauenden Wirkungen des Darmsaftes werden studirt: 1) ausserhalb des Körpers, 2) in abgebundenen Darmschlingen (s. Anmerkung sub 1), 3) durch Einbringen von Speisen in durchlöcherten Röhrchen durch die Fistelöffnung, unter Umständen nach Unterbindung des Duodenum, um reinere Resultate zu erhalten (Bidder und Schmidt) und nach dem unten geschilderten Verfahren Thiry's. Abgesehen von der auch hier sich wiederholenden Emulsionirung der Fette, ist hervorzuheben die Umwandlung des Amylon in Zucker (Frerichs und Andere), sowie die Verdauung der Eiweisskörper (Bidder und Schmidt). Nach Versuchen mit reinem Darmsaft (welcher nach der in Anmerkung 3 beschriebenen Methode gewonnen wurde) ist jedoch die Wirkung desselben auf Eiweisskörper eine sehr beschränkte. Fibrin wird nach Leube aufgelöst.

Der Darmsaft wird erhalten 1) in unterbundenen und vorher entleerten Darmschlingen (Frerichs); in der Regel führt aber dieses Verfahren nicht zum Ziel, oder man erhält statt Darmsaft ein pathologisches Transsudat. 2) Durch Anlegung einer Darmfistel

(Bidder und Schmidt); das Auslaufende ist dann mit fremden Säften vermischt. 3) Nach Thiry's Verfahren wird ein Stück Darm ausser Zusammenhang mit dem übrigen Darmcanal gesetzt, in der Voraussetzung, dass dadurch die Thätigkeit der Schleimhaut nicht wesentlich alterirt wird. Man schneidet ein, mehrere Zoll langes Dünndarmstück in Verbindung mit dem Gekrös, heraus und lässt das eine Ende desselben mit der Bauchwand verheilen. Zur Herstellung des normalen Zusammenhangs werden Magen- und Afterende des durchschnittenen Darmes mittelst Naht vereinigt. Kräftige Hunde überleben die Operation ohne tiefgreifende Beschwerden. Das auf diese Art abgetrennte Darmstück liefert bei mechanischer Reizung ein Secret; 30 □ Centimeter bilden in 1 Stunde höchstens 4 Gramme einer dünnflüssigen, hellen, stark alkalischer Flüssigkeit von 1011 specifischem Gewicht. Die Verdauungskraft dieses Secrets ist äusserst gering und bezieht sich nur auf die Lösung des geronnenen Faserstoffs; bloss Schiff beobachtete ausser der Umwandlung des Amylons, die Lösung kleiner Mengen verschiedener Eiweisskörper.

Der in den Dünndarm übergetriebene Mageninhalt, der sogenannte Speisebrei (Chymus), bestehend aus einer Mischung ungelöster und gelöster Nahrungsstoffe mit Magensaft, ertheilt dem Inhalt des oberen Dünndarms eine saure Reaction, welche nach abwärts, in Folge der Resorption des sauren Chymus und der Beimischung alkalischer Säfte, abnimmt; im Anfang des Ileums ist die Reaction meist neutral, weiter abwärts alkalisch. Bei Pflanzennahrung reagirt übrigens, in Folge von Bildung organischer Säuren, auch der Inhalt des unteren Dünndarms sauer.

176. Fäces.

Der Inhalt des Blinddarms zeigt schon Spuren von Kothgeruch, eine eigentliche Verdauung findet hier, sowie im Dickdarm, nicht mehr oder nur in sehr geringem Grade, etwa nach reichlicher Mahlzeit, statt. Der Anfang des Dickdarmes führt wässerige, der Mastdarm dagegen trocknere und in stärkerer Zersetzung begriffene Kothmassen. Die Fäces enthalten ungefähr $^1/_4$ feste Bestandtheile und $3^1/_2$—4 % Mineralstoffe; sie betragen bei gemischter Kost und mittleren Zufuhrmengen etwa 170 Gramme (60—250) in 24 Stunden und steigen nur ausnahmsweise auf 300 bis selbst 500 Gramme. Bei ausschliesslicher Fleischnahrung ist ihre Menge geringer, bei reiner Pflanzenkost viel grösser. Die Consistenz nimmt mit zunehmendem Verweilen im Dick- und Mastdarm, in Folge von Wasseraufsaugung, zu. Der von flüchtigen Fettsäuren und zersetzten Gallenbestandtheilen herrührende Geruch ist bei Fleischnahrung stärker; die Reaction viel häufiger sauer als alkalisch.

Die Fäces enthalten 1) schwer- oder unlösliche Bestandtheile von Speisen, z. B. Stücke von Sehnen, Fascien, schwerlösliche Salze (namentlich phosphorsaure Magnesia, zu etwa 70 % der gesammten Kothasche; während in neutralen oder alkalischen Fäces der Ammoniakgehalt des Dickdarminhaltes zur Bildung zahlreicher Krystalle von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia Anlass gibt). Fast ganz fehlen dagegen die leichtlöslichen Salze, z. B. Chlornatrium. 2) Bei sehr reichlichen Zufuhren Ueberbleibsel unverdauter Nahrungsmittel, z. B. Muskelfasern, Eiweissstückchen. 3) Etwas Schleim, namentlich von der Mastdarmschleimhaut. 4) Gallenbestandtheile. Die Untersuchung der Fäces

zeigt, dass der grösste Theil der Galle von der Darmschleimhaut wieder aufgesaugt, der Rest aber im zersetzten, zum Theil auch unzersetzten Zustand (s. 228) mit den Fäces ausgeschieden wird. Die braune Farbe der Fäces rührt von verändertem Gallenfarbstoff her; die Fäces von Gallfistelthieren sind graulich gefärbt.

177. Gase im Nahrungsschlauch.

Sämmtliche Abschnitte desselben enthalten Gase, jedoch in sehr wechselnder Menge. Die Quellen sind 1) mit dem Speichel abgeschluckte atmosphärische Luft; der Sauerstoff derselben wird schnell aufgesaugt, sodass schon im Dünndarm nur noch Spuren davon enthalten sind. 2) Umsatzprodukte gewisser Nahrungsmittel; z. B. bei Milchnahrung enthalten nach Kolbe und Ruge die Darmgase viel Wasserstoffgas (179), vielleicht auch 3) die Blutgase selbst; wenigstens enthält eine abgebundene, mit Luft gefüllte Darmschlinge nach einer bestimmten Zeit Kohlensäure, die nur vom Blute herstammen kann (Planer). Nach Chevreuil und Magendie findet sich im Magen Stickgas und etwas Sauerstoffgas (von der abgeschluckten Luft) und Kohlensäuregas (zum Theil vom Blut herstammend), auch wohl kleine Mengen Wasserstoffgas. Im Dünndarm nehmen Wasserstoff- und Kohlensäuregas zu, das Stickgas wird nicht erheblich verändert; Kohlenwasserstoffgas (C_2H_4) tritt unter Umständen auf. Letzteres nimmt, namentlich bei reichlichem Genuss von Hülsenfrüchten, im Dickdarm zu, wo auch kleine Antheile Schwefelwasserstoff (durch Desoxydation schwefelsaurer Salze oder aus dem Schwefel von Eiweisskörpern namentlich bei animalischer Kost) öfters sich vorfinden. Das Grubengas ist nicht etwa ein Gährungsprodukt der Fäces; nach Kolbe und Ruge entwickeln sich aus sich selbst überlassenen Kothmassen bloss $\ddot{C}$ und etwas SH, wie denn überhaupt jeder erheblichere SH-gehalt der Dickdarmgase von grossen Kohlensäureantheilen begleitet ist.

Die Analyse dieser Gasmischungen lehrt natürlich nichts über die Mengen der gebildeten Gase, indem der Austausch mit den Blutgasen ziemlich lebhaft ist. O verschwindet schnell, ebenso Su H; Injection des letzteren in den Mastdarm vergiftet rasch. Planer füllte eine unterbundene Darmschlinge mit atmosphärischer Luft; nach einiger Zeit war der Inhalt erheblich ärmer an O, aber reich an $\ddot{C}$. Eine mit Hgas gefüllte Darmschlinge führte später N, etwas $\ddot{C}$, ja selbst Spuren von O, während H theilweis resorbirt war.

Kolbe und Ruge untersuchten am lebenden Menschen die Dickdarmgase, indem sie letztere durch eine in den Mastdarm gebrachte Röhre ansammelten. Die Gase zeigten die grössten Schwankungen: $\ddot{C}$ 11—54 %, N 17—45, C_2H_4 8—47, H bis zu 22 %, kann aber auch fehlen.

178. Verdaulichkeit der Speisen.

Gut verdaulich sind diejenigen Speisen resp. Nährstoffe, welche verhältnissmässig schnell und möglichst vollständig aufgelöst werden; während das Schwerverdauliche längere Zeit in Anspruch nimmt und häufig auch nicht

vollständig gelöst wird. Das Schwerverdauliche, namentlich in grösserer Menge genossen, verursacht, auch dem sonst normal Verdauenden, gewisse Beschwerden. Von Einfluss auf die Verdaulichkeit ist, abgesehen von der chemischen Constitution selbst: 1) die Consistenz; stark geronnenes Eiweiss z. B. wird viel schwerer verdaut als locker geronnenes. 2) Der Grad der Zertheilung. Die Kartoffel z. B. wird in Breiform am besten bewältigt. 3) Die Menge des gleichzeitig genossenen Fettes. Dieses verzögert das Eindringen der Verdauungssäfte; daher z. B. die schwierigere Dauung des Schweinefleisches. 4) Die Pflanzencellulose erschwert, namentlich in den dickeren, älteren Zellen, das Eindringen der Säfte in hohem Grade. Daher wiederum der Nutzen der künstlichen Verkleinerung solcher Substanzen. 5) Die Menge der Speisen. Grosse Massen werden unverhältnissmässig viel langsamer verdaut, als kleine. Am auffallendsten ist das bei ohnediess schon geschwächter Verdauung. 6) Manche Zusätze: Gewürze, Alkohol in kleineren Mengen, verbessern die Daulichkeit, indem sie eine stärkere Absonderung der Verdauungssäfte veranlassen. 7) Die Mischung der Nährstoffe. Henneberg und Stohmann fanden im Pflanzenfresser, dass von zwei zugleich gefütterten, verschieden leicht verdaulichen Modificationen desselben Nährstoffes die leichter dauliche die Verdauung und Ausnutzung der schwerer zu bewältigenden bedeutend herabsetzt. 8) Alles was die Resorption befördert, beschleunigt die Verdauung. 9) Vielfach und oft geradezu unberechenbar ist der Einfluss der Individualität und Gewöhnung. Von Manchen werden einzelne schwerverdauliche Substanzen leicht, oder umgekehrt sonst leicht Verdauliches schwer bewältigt. Solche, die an schwere, die Verdauungsthätigkeit stark in Anspruch nehmende Kost gewöhnt sind, verdauen leichtere Speisen unter Umständen nur langsam. Von einer absoluten Verdauungsfähigkeit eines Nahrungsmittels kann demnach die Rede nicht sein.

Schwer verdaulich sind z. B. Sehnen, Knorpel, Fett und fettes Fleisch, Käse; gut verdaulich: nicht zu frisches Brod, die meisten Fleischarten, Milch und weiche Eier, Kartoffeln, Leim und viele leimgebende Gewebe.

179. Schicksale der Nährstoffe im Verdauungskanal.

I. Eiweisskörper. Ihre Verdauung beginnt im Magen und wird im Dünndarm vollendet. Manche, wie geronnener Faserstoff und roher Kleber, werden leicht, andere, wie geronnenes Casein und Eiweiss, langsam gelöst. Das gelöste Casein wird im Magen niedergeschlagen, (der Käsestoff der rohen oder gekochten Milch gerinnt im Magen zu Klümpchen, welche nach und nach gelöst werden; während die Fette der Milch unverändert in den Dünndarm übergehen). Gelöstes Eiweiss wird, ohne vorher ausgefällt zu werden, in Pepton verwandelt.

Die aus dem Magen in das Duodenum übertretende Eiweisspeptonlösung wird (s. 172) zum Theil gefällt durch die Säuren der Galle; der Niederschlag löst sich aber wieder, wenn die Reaction im unteren Dünndarm alkalisch wird.

II. Fette. Sie treten im Magen zu Tropfen zusammen, im Dünndarm werden sie nur emulsionirt, nicht chemisch verändert. Geringe Mengen Fett werden im unteren Dünndarm verseift.

III. Kohlenhydrate. Rohrzucker wird nach Bouchardat, Milchzucker nach Lehmann im Magen (durch die Wirkung des Magenschleimes?) und besonders im Darm in Traubenzucker umgesetzt; nach Bernard soll Rohrzucker zum Theil auch als solcher aufgesaugt werden. Vom Stärkmehl wird eine gewisse Menge schon im Mund sowie durch fortgesetzte Speichelwirkung im Magen, das meiste aber erst im Dünndarm in Traubenzucker umgewandelt, und zwar gekochtes Stärkmehl viel schneller als rohes. Traubenzucker selbst, sei er als solcher eingeführt oder erst im Darmkanal entstanden, wird zumeist unverändert aufgesaugt, unter Umständen aber auch (und zwar nach Leube wahrscheinlich durch Vermittelung von Vibrionen) in Milchsäure und diese wieder in Buttersäure verwandelt, wobei Kohlensäure und Wasserstoffgas sich bilden (2 [$C^6 H^5 O^5 + HO$] d. h. 2 Atome Milchsäurehydrat $= C^8 H^7 O^3 + HO$ (Buttersäurehydrat) $+ 4 CO_2 + 4H$). Daher die saure Reaction des Darminhaltes bei reichlicher Amylonnahrung und zugleich verlangsamter Verdauung (Frerichs). Pflanzenschleim wird weder verändert, noch aufgesaugt. Cellulose (namentlich in Kartoffeln und zarteren krautartigen Theilen) wird wohl in kleinen Mengen gelöst; Grasfresser aber, in deren Nahrung dieser Bestandtheil sehr überwiegt, verdauen, namentlich von Wiesenheu, beträchtliche Mengen und verwandeln diese in Zucker. Henneberg und Stohmann fanden in den Fäces des Ochsen etwa die Hälfte der eingeführten Cellulose.

IV. Alkohol wird unverändert aufgenommen (Bouchardat), Pectin weder chemisch verändert, noch aufgesaugt (Blondlot).

V. Salze. Leicht lösliche Salze werden unmittelbar resorbirt. Die schwer löslichen: phosphorsaure Magnesia und Kalkverbindungen löst zum Theil die Magensäure. Organischsaure Salze erleiden eine Umwandlung in kohlensaure (Buchheim). Die kohlensauren Salze werden zerlegt durch die Salzsäure des Magensaftes und durch die aus den Amylacea hervorgehende Milchsäure.

C. Mechanische Funktionen der Verdauungsorgane.

180. Aufnahme von Flüssigkeiten.

Der Mensch benützt: 1) das Saugen. Die Lippen des Säuglings umfassen die Brustwarze, während durch Rückwärtsbewegung der, wie der Stempel einer Saugpumpe wirkenden, Zunge die Luft in der Mundhöhle verdünnt wird. Der auf die Brustdrüse wirkende Luftdruck treibt somit ein Quantum Milch in den luftverdünnten Raum. Zur Bildung des letzteren wird die Nasen- und Rachenluft, durch Zunge und Gaumensegel, abgesperrt. Das Athmen findet ungestört

durch die Nase statt; ist der Mund mit Milch gefüllt, dann tritt, unter augenblicklicher Unterbrechung der Athemzüge, eine Schlingbewegung ein. 2) Schlürfen. Die Flüssigkeit wird durch Einathmung in die Mundhöhle aspirirt, während zugleich Luft mit Geräusch eintritt. Die Langsamkeit der Einverleibung gestattet ein besonders genaues Schmecken. 3) Trinken. Man lässt die Flüssigkeit durch ihre Schwere in die Mundhöhle laufen. Das gewöhnliche Trinken steht in der Mitte zwischen Schlürfen und hastigem Eingiessen.

181. Kauen.

Dasselbe bezweckt die Verkleinerung der Speisen und deren Vermischung mit der Mundflüssigkeit. Die Zerkleinerung ist den harten, möglichst wenig abnutzbaren Zähnen übertragen; zum Zerreiben dienen vorzugsweise die breiten Flächen der Backzähne, zum Abbeissen die meiselförmigen Schneidezähne und, wenn grössere Gewalt nöthig ist, die spitzen Pyramiden der Eckzähne.

Die wichtigste Kaubewegung des Menschen besteht in abwechselndem Oeffnen und Wiedernähern beider Zahnreihen. Die Abwärtsbewegung des Unterkiefers geschieht, ohne nennenswerthe Widerstände, durch die vom Zungenbein zum Unterkiefer verlaufenden Muskeln. Die Aufwärtsbewegung dagegen wird ausgeführt von kräftigen Muskeln (Temporalis, Masseter, Pterygoideus internus), die innervirt werden von der kleinen Wurzel des Trigeminus. Die mechanische Leistung derselben kann sehr gross sein, z. B. Aufknacken von Aprikosensteinen. Die übrigen Unterkieferbewegungen geschehen 1) nach beiden Seiten: beide Pterygoidei einer Seite ziehen den Knochen nach der entgegengesetzten Seite; 2) nach Vorwärts: vorzugsweis durch beide Pterygoidei externi; 3) nach Rückwärts: durch die hinteren Temporalisfasern; 4) im Kreis, wobei die Condylen des Unterkiefers, längs der Peripherie der Gelenkhöhlen, um eine durch das Kiefergelenk gelegte senkrechte Axe bewegt werden.

Diesen Forderungen entspricht das, eine eigenthümliche Articulation darstellende, Kiefergelenk. Die Gelenkgrube, vor welcher das Tuberculum articulare liegt, ist halbconisch; der die Grube nicht ausfüllende Gelenkkopf hat annähernd eine Walzenform mit horizontaler Axe. Die im Gelenkraum verlaufende und denselben in 2 gesonderte Höhlen trennende faserknorplige Bandscheibe schmiegt sich bei allen Stellungen des Gelenkkopfes an letzteren an und ist desshalb als eine, die Form und den Ort verändernde Pfanne (portative Pfanne, Henle) zu betrachten. Der Kopf steht in der Grube, wenn beide Zahnreihen sich berühren; bei der Oeffnung der Zahnreihen rotirt der Unterkiefer um die Axe seiner Condylen, d. h. er bewegt sich nach rückwärts. Zugleich aber wird der Unterkiefercondylus auch nach vorwärts gezogen durch beide Pterygoidei externi, d. h. der Kopf verlässt die Gelenkgrube und rutscht auf der schiefen Fläche des Tuberculum articulare nach vorwärts und abwärts. Letztere Bewegung ist eine Drehung des Condylus um die Axe des walzenförmigen Tuberculum articulare. Die Kieferbewegung erfolgt also zugleich um 2 Axen (Henke). Das Endergebniss ist somit keine kreisförmige (Ginglymus-) Bewegung, sondern es beschreibt der Unterkiefer eine nahezu gerade, nach ab- und rückwärts verlaufende Linie, wie man sich leicht überzeugt, wenn man die Bewegung mittelst eines auf die Zähne von rechts nach links gelegten Stiftes auf eine senkrechte Ebene verzeichnen lässt.

Die Zunge, das beweglichste Organ des Körpers, schiebt die Bissen zwischen die Zahnreihen, eine Aufgabe, welche durch die Fasern des Stratum longitudinale vermittelt wird. Gleichem Zwecke dienen die Backenbewegungen.

182. Schlingbewegung.

Man zerlegt den Vorgang in 4 Akte: I. Beförderung des Bissens zwischen und hinter den vorderen Gaumenbogen. Nachdem die Mundhöhle durch Erhebung des Unterkiefers verkleinert worden ist, schiebt die Zunge, welche sich dem harten Gaumen nähert, den Bissen nach rückwärts.

II. Eintreibung in den Schlund. Dieser verwickeltere Vorgang wurde besonders von Dzondi und von Bidder aufgeklärt. Die Zungenwurzel erhebt sich (M. m. styloglossi und mylohyoidei, letztere als Abflacher des Bodens der Mundhöhle). Dadurch, und unter Beihülfe der M. m. glossopalatini, welche den Bissen von beiden Seiten fassen, wird derselbe auf der schief nach abwärts und rückwärts gerichteten Zungenwurzel in den unteren Theil des Pharynx geschoben, der (sammt Zungenbein und Kehlkopf) zugleich erhoben wird und somit dem Bissen entgegenkommt.

Gleichzeitig müssen dem Bissen folgende 3 Auswege verschlossen werden: 1) der Weg nach rückwärts, indem die Zunge an den harten Gaumen sich anlegt und die Schenkel des vorderen Gaumenbogens von beiden Seiten her sich nähern (M. m. glossopalatini). 2) Der Weg in den Kehlkopf wird verlegt. Die Zungenbasis und das Zungenbein (Genio- und Mylohyoideus, vorderer Bauch des Digastricus) werden nach aufwärts gezogen. Dadurch und mit Beihülfe der Hyothyreoidei folgt der Kehlkopf in derselben Richtung nach, so dass schon dadurch der Kehldeckel zurückgeklappt wird. Die von Theile beschriebenen schwachen Muskelbündel des Reflector epiglottidis ziehen übrigens den Kehldeckel auch selbständig herab. Gleichzeitig wird auch die Stimmritze durch ihre Verengerer geschlossen, was Czermak mittelst des Kehlkopfspiegels nachwies. 3) Der Weg in den oberen Theil des Schlundes und die Choanen wird versperrt. Die vordere Hälfte des Gaumensegels wird wagrecht gestellt und dadurch in die Höhe des harten Gaumens gebracht (M. m. levatores veli palatini), zugleich wird das Segel gespannt (M. m. tensores v. p.). Durch die Zusammenziehung des Constrictor pharyngis superior entsteht ein wagrechter Wulst der entsprechenden hinteren Schlundwand, an welchen sich der erhobene Vordertheil des Gaumensegels anlegt, während zugleich die seitlichen Schlundwandungen einander sich nähern, sodass der obere Schlundraum abgeschlossen wird. Dieser Mechanismus reicht hin um beim Sprechen die Nasenhöhle abzuschliessen (504), beim Schlucken kommt zur Verstärkung noch die Bewegung des hinteren Gaumenbogens hinzu, dessen Schenkel von beiden Seiten her vorhangartig sich nähern und selbst in der Mittellinie zur Berührung kommen. Indem die Muskeln beider Gaumenbögen einen Zug auf das Gaumensegel nach abwärts ausüben, verhüten sie ein zu starkes Nachgeben des Segels nach aufwärts in Folge des Andranges des Bissens.

Das wulstförmige Vortreten eines Theiles der hinteren Pharynxwand beim Nasenverschluss während der Intonirung des *a* bei weit geöffnetem Munde beobachtete Passa-

vant an Menschen mit angeborener breiter Gaumensegelspalte; ohne Zweifel kommt diese Wirkung des oberen Pharynxconstrictors auch beim Schlingen zur Betheiligung. Die Annäherung der beiden Schenkel des hinteren Gaumenbogens wird vorbedingt durch die Erhebung und Spannung des Gaumensegels; dasselbe dient nunmehr als Punctum fixum für die Muskeln des hinteren Gaumenbogens (M. m. pharyngopalatini), welche aus ihrer gebogenen halbringförmigen Lage in die gestreckte übergehen (Dzondi). Die Berührung der inneren Ränder der M. m. pharyngopalatini leitet Passavant weniger von activer Contraction derselben, als von der Thätigkeit des mittleren und unteren Pharynxconstrictors ab.

III. Fortbewegung des Bissens durch den unteren Theil des Schlundes, vermöge der Thätigkeit des mittleren und unteren Constrictors des Pharynx.

IV. Fortbewegung durch die Speiseröhre, indem die muskulöse Ringfaserschicht von oben nach abwärts der Reihe nach in Thätigkeit kommt. Diese dem organischen Systeme angehörende Muskulatur erhält ihre Nerven vom Sympathicus und Vagus. Reizung des Halsvagus veranlasst Contraction, Durchschneidung desselben Lähmung der Muskulatur der Speiseröhre. In letzterem Fall wird der untere Theil der Speiseröhre durch die Speisen ausgedehnt, und dadurch (bei Hunden) zu Erbrechen Anlass gegeben. Man leitete früher die in der Vagusbahn verlaufenden motorischen Nerven des Oesophagus vom N. accessorius ab; nach Chauveau's Versuchen gehören dieselben dem Vagus ursprünglich an.

Grosse Bissen werden schwieriger abgeschluckt; dasselbe ist andererseits aber auch der Fall bei sehr kleinen Dingen, z. B. Pillen oder beim leeren Schlucken, welches starke Muskelzusammenziehungen nöthig macht, sodass schnelle Wiederholungen der Bewegung unmöglich werden.

Die Einleitung zur Schlingbewegung geschieht willkürlich, oder durch sensibele Reize der Theile des Hintermundes, welche reflectorische Schlingebewegungen auslösen. Sind die ersten Akte vollendet, gleichgültig ob als Willkür- oder als Reflexbewegung, so folgen die übrigen unaufhaltsam nach.

Auch im bewusstlosen Zustand ist das Schlingen als reine Reflexbewegung noch möglich; ebenso nach Abtragung des Gross- und Kleinhirnes und der Brücke; das Schlingen hört dagegen auf nach Durchschneidung des verlängerten Markes (Oliven), dem Centrum der sensibelen Nerven der Mundhöhle und des Pharynx (Trigeminus, Glossopharyngeus, Vagus) und der motorischen Nerven der Schlingmuskeln (Hypoglossus, Vagus, theilweis auch Facialis).

183. Magenbewegung.

Während der Verdauung bietet der Magen: 1) Formveränderungen. Sein Volum nimmt bedeutend zu, die Pylorushälfte jedoch weniger als die Cardiahälfte. 2) Lageveränderungen. Die grosse Krümmung des Magens ist mehr nach vorn, die kleine mehr nach rückwärts gerichtet.

Die dicken Muskelmägen vieler körnerfressenden Vögel sind zu bedeutenden mechanischen Wirkungen befähigt (Réaumur, Spallanzani); der Magen des Truthahnes z. B. drückt Blechröhrchen, die erst durch ein aufgelegtes Ge-

wicht von etwa 80 Pfd. gebogen werden, in 1—2 Tagen platt. Der dünnwandige Magen dagegen übt nur einen geringen Druck auf seinen Inhalt, der zugleich langsam hin- und herbewegt und dadurch der Wirkung des Magensaftes besser zugänglich gemacht wird. Ein durch die Oeffnung einer Magenfistel eingebrachtes Stäbchen zeigt nach Beaumont regelmässige Rotationen, deren Richtung jedoch noch nicht gehörig ermittelt ist. Eine solche Rotation soll 1 (?) bis 3 Minuten in Anspruch nehmen. Der einfache Magen mancher Pflanzenfresser, z. B. des Kaninchens, zeigt kaum Spuren selbständiger Contractionen. Im Verlauf der Magenverdauung öffnet sich der Pförtner von Zeit zu Zeit, wodurch der sog. Speisebrei portionenweis in den Zwölffingerdarm gelangt.

Reizung der N. n. vagi, unter Umständen auch des Plexus coeliacus, veranlasst Bewegungen des Magens, besonders deutlich in Wiederkäuern (Eckhard); Trennung der Vagi (am Halse, oder noch besser am untersten Theil des Oesophagus) sowie Ausschneidung des Plexus coeliacus hebt die Bewegungen des Magens und die Ueberführung seines Inhalts in den Dünndarm nicht auf. Letztere Erfahrung beweist, dass die gewöhnlichen Magenbewegungen von im Organ selbst liegenden nervösen Centren (die Bindegewebeschicht besitzt zahlreiche Ganglien) regulirt werden.

Die in den Vaguszweigen des Magens verlaufenden motorischen Fasern stammen vom N. vagus selbst, nicht aber vom Accessorius; wenn nach Durchschneidung des letzteren dessen Nervenfasern unterhalb der Schnittfläche entarten, so löst die Vagusreizung immer noch Magenbewegungen aus (Heidenhain).

184. Darmperistaltik.

Betrachtet man nach Eröffnung der Bauchhöhle eine bestimmte Stelle des Darmes, so bemerkt man 1) abwechselnde Verengerungen und Erweiterungen, also Thätigkeit und Erschlaffung der muskulösen Ringfaserschicht und 2) unter Umständen kleine, in der Längsrichtung des Darmes geschehende, also von Wechselzuständen der Längsmuskulatur herrührende, Auf- und Abwärtsbewegungen. Diese Bewegungen, von welchen die circulären die wichtigsten sind, geschehen mit einer gewissen Langsamkeit und zeigen sowohl in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge, als dem Grad nach, grosse Verschiedenheiten. Immer ist dieses Wechselspiel gleichzeitig an vielen Stellen des Darmes vorhanden, daher der Name: wurmförmige, peristaltische, Bewegung. In Pflanzenfressern ist die Erscheinung im Allgemeinen auffallender als in Fleischfressern. Bei abgemagerten Individuen, namentlich Kindern, dessgleichen an Darmparthien in grossen Bruchsäcken, kann die Peristaltik durch die Bauchdecken fühlbar und selbst sichtbar werden. Ihre mechanische Wirkung besteht in einer langsamen Abwärtsbewegung des Darminhaltes. Der Dickdarm bietet ähnliche, jedoch minder lebhafte Erscheinungen. Die Bauhin'sche Klappe am Dünndarmende gibt nach in der Richtung gegen den Dickdarm, dagegen legen sich ihre beiden Falten sogleich aneinander, wenn die im Anfang des aufsteigenden Dickdarmes

befindlichen Massen einen Druck erleiden. Dadurch wird das Zurückweichen der Fäces in den Dünndarm verhütet.

Jede Störung der Blutzufuhr wirkt reizend auf die Darmnerven; Hemmung derselben (z. B. Unterbindung der Aorta) verstärkt die Bewegungen, welche zugleich unregelmässiger zu werden scheinen (Schiff). Desshalb ist die Wurmbewegung unmittelbar nach dem Tode besonders stark. Anderseits beschleunigt die Injection hellrothen Blutes die Peristaltik und zwar in noch höherem Grade (O. Nasse); ihre Wirkung ist nachhaltiger als die Wirkung der gehemmten Blutzufuhr.

Eröffnung der Bauchhöhle verstärkt die Bewegung bedeutend; dabei scheint ausser dem Sauerstoff der Luft, auch die Abkühlung von Einfluss zu sein. Nach Nasse beschleunigen Kohlensäure und Chlorgas die Peristaltik sehr viel mehr als gewöhnliche Luft oder Sauerstoff. Eine genügende Erklärung obiger, zum Theil scheinbar einander widersprechender Thatsachen ist noch nicht möglich.

185. Darmnerven.

Die Nerven des Darmkanals gehen zunächst von den sympathischen Geflechten aus, welche jedoch zahlreiche cerebrospinale Fäden (vom Vagus und den Nerven des mittleren und unteren Rückenmarkes) erhalten. Der Plexus mesaraicus inferior versorgt den absteigenden Dickdarm und Mastdarm; der Plexus mesaraicus superior, als unmittelbare Fortsetzung des Plexus coeliacus, den ganzen übrigen Darmkanal.

Die Peristaltik dauert nicht nur nach Zerstörung des Hirns und Rückenmarkes noch fort, sondern auch in dem, sammt seinem Gekrös ausgeschnittenen Darm. Die nächste Ursache dieser Bewegungen ist demnach in der Darmwand selbst zu suchen. Meissner und Auerbach wiesen zwei Lagen von Nervengeflechten nach, welche der Schleimhaut und der Muskelhaut des Darmes angehören.

Eine Reihe von Nerveneinflüssen modificirt die Peristaltik. 1) Verstärkung der Peristaltik. Diese tritt im eben getödteten Thiere ein nach Reizung des Plexus coeliacus und der mesaraischen Geflechte, (und zwar unter Umständen in tumultuarischer Weise); Reizung der durchschnittenen Vagi am Hals oder in der Brusthöhle, unterhalb der Schnittstelle, leitet eine Verstärkung der Peristaltik des Dünndarmes und selbst des oberen Dickdarmes ein. Reizung des unteren Lendenmarkes im Kaninchen veranlasst Bewegung des Rectum und Colon descendens (Budge). Auch die unmittelbare Ansprache des Darmes bewirkt zunächst örtliche Contraction, die aber von der gereizten Stelle aus wellenförmig weiter schreiten und sich, auch nach Aufhören des Reizes, unter Umständen mehrmals wiederholen kann.

2) Aufhebung der Peristaltik. Werden in (lebenden) Kaninchen die Nervi splanchnici (oder, nach ihrer Durchschneidung, unterhalb des Schnittes gelegene Stellen dieses Nerven) mittelst der Schläge der Inductionsmaschine gereizt, so erfolgt nach Pflüger Stillstand der vorher lebhaften Dünndarm-

bewegungen, und zwar im Zustand der Erschlaffung. Dasselbe ist der Fall nach Reizung des unteren Brusttheiles des Rückenmarkes. Diese hemmende Wirkung (welche an den Herzstillstand bei der Vagusreizung erinnert) erlischt jedoch rasch nach dem Tode, sodass die Reizung des Splanchnicus nunmehr die Peristaltik verstärkt. Nach O. Nasse wird durch Injection von defibrinirtem arteriellem Blut in die Aorta die hemmende Wirkung des Splanchnicus etwas länger erhalten. Vielleicht enthält — obigen Erscheinungen zufolge — der Splanchnicus hemmende und erregende Fasern zugleich. Die splanchnischen Fasern entspringen vom Rückenmark und treten durch die Rami communicantes in den Grenzstrang des Sympathicus, welcher die Nervi splanchnici entlässt, die sodann in den Plexus coeliacus sich senken. Der Splanchnicus major liegt im Kaninchen 3—4 Millimeter über dem oberen Nebennierenrande.

Ausschneidung des Plexus coeliacus und mesaraicus superior tödtet fast immer rasch durch Bauchfellentzündung; derselbe Erfolg kann sogar eintreten, wenn man die Plexus einfach blosslegt und dem Luftcontact so lange, als die Ausschneidung derselben dauern würde, aussetzt. Die die Ausschneidung ausnahmsweis einige Wochen überdauernden Thiere zeigen keine constanten Veränderungen ihrer Verdauungsthätigkeit (Adrian, Lamansky). Nach A. Moreau bildet sich in abgebundenen Darmschlingen, deren Nerven durchschnitten wurden, ein reichlicher Erguss einer alkalischen, gelblichen Flüssigkeit, von 1008 spec. Gew. und etwa 1% Mineralbestandtheilen (worunter ein bemerkenswerther Antheil von Natroncarbonaten) und $^1/_3$—$^1/_2$ % organischen Bestandtheilen (worunter etwas Harnstoff). Benachbarte Darmschlingen, deren Nerven nicht durchschnitten wurden, blieben (immer? s. 175, Anmerkung sub 1) leer.

186. Verschluss und Entleerung des Mastdarms.

Steht der Inhalt des Mastdarmes unter geringer Spannung, so ist eine active Beihülfe der Sphinctermuskeln zum Afterverschluss nicht erforderlich. Letztere tritt erst ein, wenn die Contenta den Mastdarm stärker ausdehnen und durch ihren Reiz die Peristaltik desselben anregen. Dem Drang der Fäces nach abwärts leisten nunmehr der innere Schliessmuskel und der, mit Querstreifen versehene, dem Willen unterworfene, kräftige, äussere Schliessmuskel Widerstand. Das Centrum für die, vom Sacralplexus stammenden Aftermuskeln liegt beim Menschen etwa in der Mitte des Brustmarkes; Fractur des 6. Brustwirbels kann mit vollständiger Sphincterlähmung verbunden sein. Im Kaninchen liegt dieses Centrum in der Höhe des 6. Lendenwirbels.

Bei der Kothentleerung wird der äussere Sphincter willkürlich erschlafft, während der Widerstand des inneren Schliessmuskels durch die Peristaltik der Mastdarmmuskulatur überwunden wird. Bei umfänglichen und harten Kothmassen wirkt der kräftige Druck der Muskulatur der Bauchwand unterstützend und beschleunigend, nachdem durch eine tiefe Einathmung das Zwerchfell nach abwärts gestiegen. Die Levatores ani verhüten während der Defäcation ein zu starkes Abwärtsdrängen des untersten Theiles des Mastdarmes durch die Kothmassen.

IX. Aufsaugung aus dem Nahrungsschlauch und Chylusbildung.

187. Blut- und Lymphgefässresorption.

Die Schleimhaut des Nahrungsschlauches besitzt das Vermögen der Aufsaugung in hohem Grade, wie die schnelle Wirkung leicht diffusibeler Gifte (Blausäure, Nicotin) beweist, wenn dieselben auf die Zunge gebracht werden, oder die Wirkung der im Klystier einverleibten, von der Mastdarm- und Dickdarmschleimhaut aufgesaugten Arzneimittel. Die Bestandtheile der Speisen und Getränke werden aber nur da ausgiebig resorbirt, wo sie längere Zeit verweilen, d. h. im Magen und Dünndarm. In den Mastdarm injicirte Eiweisspeptone werden ebenfalls resorbirt, was die alsdann stattfindende Zunahme des Harnstoffs (Voit und Bauer) beweist. Ausserdem gelangen die Verdauungssäfte, welche an Menge die Zufuhren beträchtlich überwiegen, wieder zur Aufsaugung. Diesen grossen Massen gegenüber erscheint die resorbirende Thätigkeit der Magen- und Dünndarmschleimhaut um so energischer, als dieselbe nur zeitweise in Wirksamkeit tritt.

Die Stoffe werden nicht in jeder beliebigen, sondern von jedem einzelnen nur eine gewisse Menge aufgesaugt; das Zuviel kommt in den Fäces zum Vorschein. Boussaingault bewies zuerst den Satz, durch Bestimmung der Maximalmengen resorbirbaren Fettes beim Stopfen von Enten.

Dem Inhalte des Nahrungsschlauches stehen bei seinem Uebergang in die Säftemasse zwei Wege offen: die Blutcapillaren und die von der freien Schleimhautfläche entfernteren Chyluscapillaren. Die Darmzotten vergrössern die aufsaugende Fläche des Darmkanals bedeutend. Das bindegewebige Stroma der Zotte ist mit einer einfachen Schicht von Cylinderepitelzellen überzogen; ausserdem enthält dasselbe ein reiches Netz von Blutcapillaren, während die, im Centrum der Zotte gelegene Chylusbahn (je nach der Thierart und der Grösse der Zotte) entweder ein einzelnes oder netzförmig verzweigte Canälchen darstellt. Zwischen den Cylinderepitelzellen befinden sich, je nach der Thierart reichlicher oder sparsamer, birnförmig gestaltete Gebilde, die sog. Becherzellen, welche übrigens zur Aufsaugung wahrscheinlich in keiner Beziehung stehen (Eimer).

Der Uebergang gelöster Substanzen in die Blut- und Chylusgefässe bietet dem Verständniss keine Schwierigkeiten, wohl aber, s. 189, die Aufsaugung des Fettes. Mit Ausnahme der Fette, die durch die Chylusgefässe aufgenommen werden, ist wohl kein Bestandtheil des Speisebreies auf den einen oder anderen dieser beiden Wege ausschliesslich angewiesen, doch scheinen die Salze, Alkohol (sowie viele Gifte) bei der Blutgefässresorption begünstigt zu sein, während die,

quantitativ jedenfalls viel geringere, Chylusgefässresorption die Eiweisskörper bevorzugt. Als Beweis für die ausschliessliche (?) Resorption des Traubenzuckers durch die Chylusgefässe wird das vollständige (?) Fehlen desselben im Pfortaderblut angeführt.

Die Unterbindung der Blutgefässe einer, mit aufsaugbaren Substanzen gefüllten, oben und unten abgebundenen Darmschlinge, zur Ermittelung der Stoffe, die der Chylusresorption anheimfallen, ist im Prinzip falsch (34). Die vorwurfsfreiere Unterbindung der Chylusgefässe, mit Offenhalten der Blutgefässe, beweist, dass die Blutgefässresorption weit überwiegt. Der bedeutende Fettgehalt des Chylus zeigt unwiderleglich, dass die Chylusgefässe das Fett vorzugsweise resorbiren.

188. Resorption der löslichen Bestandtheile.

Je stärker die Concentration, desto mehr wird in gleichen Zeiten resorbirt, wie Becker an Zucker- und Funke an Eiweisspepton-Lösungen zeigten. Von dem Inhalt einer abgebundenen Darmschlinge wird zu Anfang des Versuchs viel mehr resorbirt als später (Becker), und zwar desshalb, weil die Concentration des Inhaltes der Darmschlinge sowohl durch die Aufsaugung in das Blut als durch Wasserabgabe aus dem Blut und somit die endosmotische Differenz zwischen Darminhalt und Blut immer mehr abnimmt.

Die Eiweisskörper sind als colloide Substanzen (30) mit geringer Diffusionsgeschwindigkeit begabt; durch Colloidmembranen endosmosiren sie nicht, wohl aber ihre Peptone. Desshalb werden die Eiweiss- (und Leim-) Peptone leicht resorbirt, theilweis schon im Magen. Aus unterbundenen Darmschlingen verschwinden nach Funke Eiweisspeptone sehr viel rascher als gewöhnliches Eiweiss. In der Säftemasse wandeln sich die Peptone wieder zu gewöhnlichen Eiweisskörpern um; die Peptonbildung hat also den wichtigen Zweck, die Eiweisskörper resorbirbarer zu machen, sowie auch, gewisse Unterschiede derselben auszugleichen, indem die Zahl der im Blut vorkommenden Eiweisssubstanzen viel geringer ist, als die in der Nahrung eingebrachten.

Die Kohlenhydrate verfallen der Resorption, nachdem sie sich in Traubenzucker, der ziemlich rasch aufgesaugt wird, umgewandelt haben. Für den in das Blut aufgenommenen Zucker gibt ersteres Wasser ab in das Darmrohr. Desshalb, sowie aus den im vorigen § angeführten Thatsachen, hält Becker den Vorgang für einen einfacheren, d. h. nicht durch organische Nebeneinrichtungen verdeckten, endosmotischen Process. Gewisse Zuckermengen, namentlich bei grösseren Zufuhren, setzen sich um in organische Säuren (204, III); diese, sammt ihren Salzen, sind leicht resorbirbar.

Für die unorganischen Salze hat Liebig längst angenommen, dass bei ihrer Aufsaugung einfachere Endosmosengesetze durchgreifen. Nach Buchheim und Wagner wirken Mittelsalze mit höherem endosmotischen Aequivalent stärker abführend; nach Funke wird von concentrirteren Kochsalzlösungen mehr Salz aufgesaugt, als von verdünnteren. Wasser wird in grosser Menge resorbirt; aus der Ausscheidung desselben durch die Nieren

(§ 244) lässt sich auch der Gang seiner Resorption nach starker Wassereinverleibung in den Magen, wenigstens im Allgemeinen erkennen.

Funke schliesst aus der Energie der Wasserresorption auf Blutbestandtheile, welche das Wasser kraftvoll anziehen. Er theilt dem Eiweiss diese Rolle zu, und zwar wegen dessen hohem endosmotischen Aequivalent. Die attrahirenden Kräfte sind aber wohl richtiger in die Blutkörperchen zu verlegen, welche Wasser begierig aufnehmen. Geht aus dem Nahrungsschlauch Wasser über in das Blut der Capillaren, so müssen die Körperchen der verdünnten Blutflüssigkeit Wasser sogleich entziehen und diese zur Aufnahme von neuem Wasser befähigen. Für die Beständigkeit des Vorganges sorgt die entsprechende Wasserabgabe in die Secretionen, Gewebsäfte u. s. w., wodurch mittelbar den Blutkörperchen wiederum Wasser entzogen wird.

189. Fettresorption.

Die neutralen Fette werden als solche aufgesaugt, nicht aber, von unbedeutenden Ausnahmen abgesehen, vorher durch Verseifung (179) löslich gemacht. 4—5 Stunden nach Aufnahme grösserer Fettmengen zeigen die stark gefüllten Chylusgefässe des Darmes einen weisslichen, aus zahlreichen feinen Fetttröpfchen bestehenden Inhalt. Dessgleichen sind die Epitelzellen, sowie die Lymphräume der Darmzotten dicht erfüllt mit einer opaken Masse feinster Fetttröpfchen.

Ueber die Wege, welche das Fett einschlägt, um aus dem Darmrohr in die Chylusgefässe zu gelangen, bestehen die divergirendsten Ansichten, auf welche hier nur kurz eingegangen werden kann. Nach Brücke ist das, dem Darmlumen zugewandte Ende der Epitelzellen (187) der Darmzotten mit einer offenen Mündung versehen, welche den Uebergang feiner Fetttröpfchen in den Zellenraum direkt gestattet. Die meisten übrigen Forscher überzeugten sich dagegen von dem Vorhandensein einer, das Innere der Epitelzelle vom Darmlumen abschliessenden Wandung; letztere ist nach Kölliker mit feinen Porencanälchen versehen. — Dieselben Widersprüche bestehen in Betreff des anderen, der Zotte zugewandten, Endes der Epitelzellen. Nach den Einen ist die Zelle auch hier mit geschlossener Wandung versehen, während Brücke u. A. eine offene Communication annehmen. Nach Heidenhain schickt die Zelle in das Gewebe der Zotte feine Ausläufer aus, die mit Ausläufern der Chylusgefässe direkt communiciren. Ob diese Ausläufer mit einer besonderen Wandung versehen sind, oder blosse feine Hohlräume des Zottenparenchym's derselben, ist ebenfalls strittig. Brücke u. A. sprechen sogar den centralen Chylusstämmchen der Zotten distinkte Wandungen ab. Die sehr gelungenen Injectionen Teichmann's ergaben übrigens für die Chylusbahnen der Zotten eine durchaus regelmässige Anordnung und so scharfe Contouren, dass die Annahme geschlossener Chylusbahnen mit distinkten Wandungen — wenigstens in diesem Gebiet der Lymphgefässanfänge — schwer von der Hand zu weisen ist.

Mehrere Verdauungssäfte haben das Vermögen, die Fette in den, für die Resorption geeigneten Zustand feinster Vertheilung überzuführen, namentlich ist eine massenhafte Fettaufsaugung ohne Galle nicht möglich (172). Die Darmschleimhaut imbibirt sich leicht mit Galle und wird dadurch besser be-

fähigt, Fetten den Durchgang zu gestatten; die speciellere Wirkung der Galle bei diesem Vorgang ist aber noch nicht genügend erkannt.

Wistinghausen untersuchte die Endosmose zwischen Oel und Galle. Er fand, dass gewisse Oelmengen durch eine Endosmosenmembran zur Galle übergiengen. Tauchte er Capillaren, deren Wände vorher entweder mit Wasser, oder mit Galle befeuchtet waren, in Oel, so stieg letzteres in den mit einer Gallenschichte überzogenen Röhrchen viel höher. Die Galle äussert somit eine mechanische Anziehung auf die Fette. Die von Lacauchie entdeckten Verkürzungen der Darmzotten dürften für das Weitertreiben des Zotteninhaltes wichtig sein; Brücke hat in der Längsrichtung der Zotten verlaufende organische Muskelfasern nachgewiesen.

190. Chylus.

Die Lymphgefässe des Magens und Dünndarms führen während der Verdauung einen sehr viel reichlicheren und (namentlich im Fleischfresser) anders zusammengesetzten Inhalt als gewöhnlich, den sog. Milchsaft, Chylus. Derselbe ist bei Pflanzenkost fast farblos, wenig opalisirend, bei Fleischnahrung, namentlich aber starker Fettzufuhr, reichlicher und ausgezeichnet durch seine weissliche Färbung. Diese rührt her von kleinen, mit einer Eiweisshülle umgebenen Fettmolekeln. Nach Zusatz von Aether verschwindet die weisse Farbe. Der Chylus des Magens ist, weil dort keine Fettresorption stattfindet, farblos. Das specifische Gewicht der schwach alkalisch reagirenden Flüssigkeit beträgt etwa 1020. Ausserhalb der Gefässe bildet dieselbe ein weiches Gerinnsel und (beim Fleischfresser) ein trübliches, fettreiches Serum. Nach Grohe vermag frischer Chylus Amylon in Zucker umzuwandeln, wozu freilich im Körper selbst die Bedingungen nicht gegeben sind.

Der Chylus führt ausserdem Kerne und zahlreiche kernhaltige Zellen, sog. Chyluskörperchen; er ist besonders reich an diesen morphologischen Elementen nach seinem Austritt aus den Mesenterialdrüsen.

Nach Brücke sind die Chyluskörperchen nichts anderes, als vom Chylusstrom weggeschwemmte Kerne und kernhaltige Zellen, aus welchen die Lymphdrüsen vorzugsweise bestehen. Die zuführenden Chylusgefässe münden offen in kleine Hohlräume dieser Drüsen, mit denen wiederum die abführenden Gefässe communiciren. Die genannten, in den Drüsen schon vorgebildeten und durch rege Zellbildung immer neu entstehenden Formbestandtheile werden dem Chylusstrom beigemischt und von demselben aus der Drüse abgeführt. Uebrigens enthält der Chylus bereits Körperchen, wenn er das Darmrohr verlässt. Diese leitet Brücke ab von den solitären Follikeln, sowie den zu den Peyer'schen Drüsen vereinigten Follikelmassen, von denen er zuerst nachgewiesen hat, dass sie im Wesentlichen den Lymphdrüsen analog gebaut sind. Jedoch konnte Teichmann bei vollständig gelungener Injection der Lymphgefässe des Darmes und der Darmzotten niemals die solitären und aggregirten Drüsen injiciren.

Der Inhalt des Ductus thoracicus führt öfters (zufällig?) gefärbte Blutkörperchen, deren Beimischung nicht erklärt ist.

Im Pferde ist der Chylus von analoger Zusammensetzung, wie die Lymphe (232), im Fleischfresser aber unterscheidet er sich durch seinen hohen Fettgehalt. Nach Nasse besteht der Chylus und das Blut der Katze aus:

	Chylus	Blut
Wasser	90,6	81,0
Fibrin	0,1	0,2

	Chylus	Blut
Sonstige Eiweisskörper und Extractivstoffe .	4,9	17,7 (sammt Hämatin)
Fette	3,3	0,3
Salze	1,1	0,8

191. Bewegung und Menge des Chylus.

Die Chylusströme sammeln sich im Milchbrustgang, um von da aus in die linke Vena subclavia ergossen zu werden. Der Milchbrustgang enthält übrigens selbst während der Verdauung keinen reinen Chylus, sondern Beimischungen der Lymphe vieler Körpertheile. Zur Unterstützung des Chylusstromes tragen bei: 1) die Einathmungsbewegungen. Der Milchbrustgang verhält sich wie ein Ast der Vena subclavia; sein Inhalt wird in Folge der Einathmungsbewegung in die Vene angesaugt (143). 2) Die Klappen der Lymphgefässe gestatten dem Chylus den Durchgang bloss in der Richtung gegen die Venen, so namentlich auch die Klappe an der Mündung des Ductus thoracicus. 3) Die Peristaltik des Darmes, die Muskelfasern der Darmzotten (Brücke) und die Contractilität der Wände der Lymphgefässe befördern ebenfalls den Chylusstrom. Die Hauptursache des Chylusstromes ist aber 4) eine, auf endosmotischen und verwandten Processen beruhende Vis a tergo. Werden die Lymphgefässe unterbunden, so schwellen sie an zwischen der Unterbindungsstelle und dem Darm; der Druck ihres Inhaltes dürfte dann den Druck der im Darmrohr befindlichen Massen erheblich übersteigen.

Alle Erfahrungen vereinigen sich dahin, dass grosse Mengen Chylus gebildet werden. Man hat 3 Methoden angewandt: I. Anschneiden des Ductus thoracicus im so eben getödteten Thier. Man erhält unter diesen, von der Norm gar zu weit abweichenden Verhältnissen, in den ersten Minuten sehr grosse Ausflussmengen. II. Eröffnung des Ductus thoracicus an grösseren lebenden Thieren. Colin gewann an Ochsen stündlich 500—900 Grammen; ausnahmsweis auch viel höhere Werthe; auch fand derselbe im Wiederkäuer die ersten Spuren einer, in das Duodenum eingespritzten Jodkaliumlösung schon nach 6 Minuten. Bidder und Schmidt berechnen die 24stündige Chylusmenge junger Pferde zu $^1/_{10}$—$^1/_5$ des Körpergewichts; der Chylus konnte hier einige Stunden auslaufen ohne Aenderung des specifischen Gewichtes. Hier sind bedeutende Lymphmengen dem Chylus wiederum beigemischt. III. Man setzt voraus, dass ein bestimmter Bestandtheil der Nahrung ausschliesslich der Chylusresorption anheimfällt. Die 24stündige Zufuhrmenge des Bestandtheiles und dessen % Mengen in Chylus sind aber bekannt, also die Chylusmenge berechenbar (Vierordt). Der Fettgehalt des Chylus beträgt etwa 3 %, die tägliche Fettzufuhr 90 Gramme, also die Chylusmenge in 24 Stunden ungefähr 3 Kilogramme.

X. Athmen und Perspiration.

A. Respiratorischer Gaswechsel.

192. Aufgabe.

Die Respiration im engeren Sinne besteht in einem, durch ein besonderes Organ vermittelten, Austausch zwischen Blutgasen und der Atmosphäre. Die unmittelbare Wirkung dieses Gasaustausches ist die Umänderung der venösen Blutbeschaffenheit in die arterielle; das Blut kommt venös in den Lungencapillaren an, um als arterielles durch die Lungenvenen und das linke Herz den Körperorganen zugeführt zu werden. Die Capillarität der Lungenzellen stellt zwischen Blut und Lungenluft eine ungeheure und innige Berührungsfläche dar, welche den Gaswechsel der grossen Blutmassen, die durch die Lungen strömen, in hohem Grade begünstigt. Der Gaswechsel geschieht, bei den Luftathmern, zwischen Blut und Atmosphäre; er wird begleitet von einer Wasserverdunstung auf den Wandungen der Kanäle des Athmungsapparates (Lungen, oder Tracheen der Spinnen und Insekten). Bei den sog. Wasserathmern findet ein respiratorischer Gaswechsel statt zwischen dem Blut und der vom Wasser absorbirten atmosphärischen Luft; als Athmungsorgane dienen Kiemen und (in niederen Thieren) Wasserkanäle.

Eine Erscheinung eigener Art ist die neben der Kiemenathmung bestehende sog. Darmrespiration gewisser Fische, z. B. des Cobitis fossilis; die Thiere verschlucken von Zeit zu Zeit Luft an der Oberfläche des Wassers und geben Kohlensäure und Stickgas durch den After ab.

193. Eigenschaften der Einathmungsluft.

Die Atmosphäre, als trocken angenommen, enthält

	Gewichtstheile:	Volumtheile:
Sauerstoffgas	23	20,8
Stickgas	77	79,2.

Ausserdem sehr kleine Antheile Kohlensäure; 10000 Gewichtstheile freier Atmosphäre führen 3—8 Th. Kohlensäure.

Der Wassergehalt der Luft wechselt in hohem Grade. Es kommen in Betracht: 1) Die absolute Menge Wassergas, die enthalten ist in einem gegebenen Luftvolum. Je wärmer die Luft, desto mehr Wassergas kann sie aufnehmen. 2) Der relative Wassergehalt, d. h. der Feuchtigkeitsgrad der Luft. Die gesättigte Luft enthält so viel Wassergas, als sie bei ihrer Temperatur überhaupt aufnehmen kann; während der Wassergehalt der feuchten oder gar der trockenen Luft dem Sättigungspunkt ferner steht. Die

Luft hält im Juli 3 mal soviel Wasser als im Januar. Dagegen ist die Sommerluft durchschnittlich trockener, als im Winter. Die Luftfeuchtigkeit im Verlauf des Jahres steigt und fällt mit den Wärmemitteln.

Weitere für die Respiration bemerkenswerthe Eigenschaften der Luft sind deren bedeutende Ausdehnbarkeit durch die Wärme (100 Volume Luft bei 0° nehmen, auf 100° C. erwärmt, einen Raum von 136 Voluminaempty ein) und ihre abnehmende Dichtigkeit mit zunehmender Erhebung über das Meer. Daher athmen wir im Sommer, namentlich aber auf hohen Bergen, eine viel dünnere Luft ein.

194. Eigenschaften der Ausathmungsluft.

Die Luft erleidet wesentliche Veränderungen durch das Athmen. Die ausgeathmete Luft ist reich an Kohlensäure (Mittel 4,3 %, Grenzwerthe 5,5 und 3,3 beim normalen ruhigen Athmen (Vierordt), dagegen ist sie arm an Sauerstoffgas. Es verschwindet beim Athmen mehr Sauerstoff, als Sauerstoff wieder zum Vorschein kommt in Form von Kohlensäure (Lavoisier); daraus folgt: das Volum der Ausathmungsluft ist etwas kleiner, als das der Einathmungsluft, beide als trocken und gleichwarm angenommen. Dass durch das Athmen keine irgend ins Gewicht fallende Menge Stickgas ausgeschieden wird, ist festgestellt (s. 202). Zur Vergleichung dienen folgende Durchschnittszahlen, denen eine Volumminderung von 1 %, also ein relativ hoher Werth, zu Grunde liegt.

	Einathmungsluft:	Ausathmungsluft:
Stickgas	79,2	79,3
Sauerstoff	20,8	15,4
Kohlensäure . . .	—	4,3
	100	99

Die ausgeathmete Luft ist etwa 36,3 ° C. warm, also nur um einen Celsiusgrad niederer temperirt als der Körper. Bei 17—19° C. Luftwärme erhielt Weyrich 36,2—37 ° C.; bei 44° Luftwärme 38,5 ° für die Ausathmungsluft. Ferner enthält die Ausathmungsluft ausser dem eingeathmeten Wassergas eine weitere Menge des letzteren, die von den feuchten Wandungen des gesammten Respirationsapparates herrührt. Beim ruhigen Athmen ist die Ausathmungsluft gesättigt, d. h. sie enthält ungefähr so viel Wassergas, als Luft von 36—37° C. davon überhaupt aufnehmen kann; beim beschleunigten Athmen dagegen sinkt der % Wassergehalt der Ausathmungsluft (Moleschott). Die Erwärmung und Wasseraufnahme führt demnach zu einer, die obenerwähnte Volumminderung weitaus kompensirenden Volummehrung der Ausathmungsluft.

Ausser kleinen Antheilen von Wasserstoffgas und Kohlenwasserstoffgas, die zum Theil aus dem Darmrohr (s. 177) in's Blut übergehen, und höchst geringen, wohl vorzugsweis von fauligen Zersetzungen in der Mundhöhle herrührenden Beimischungen von Ammoniak, kann die Ausathmungsluft noch flüchtige Stoffe,

die zufällig ins Blut gelangen, enthalten, z. B. kleine Mengen Alkohol, Camphor und andere Riechstoffe.

Die Ausathmungsluft der Grasfresser enthält nicht unerhebliche Antheile von, im Magen und Darm als Gährungsprodukte aus der Nahrung entstandenem, Kohlenwasserstoffgas, die beim Kalbe nach Reiset sogar 30 Liter in 24 Stunden betragen können.

195. Absolute Mengen der Respirationsgase.

Die 24stündigen Mengen der Athemgase zeigen folgende Werthe, wobei mittlere Aussenverhältnisse und (für die Wasserverluste besonders maassgebende) mittlere Luftwärme angenommen werden.

		Gramme	Cub. Centimeter (auf 0° und Barometermittel berechnet)
Aufnahme	Sauerstoff	744	516500
Ausscheidung	Kohlensäure	900	455500
	Wassergas	330	—
	Stickgas (?)	(7—8)	etwa 600?

Die durch Alter, Geschlecht, Verdauung, Bewegung, Schlaf, Luftwärme u. s. w. bedingten Abweichungen vom Mittel siehe in der Physiol. der Körperzustände.

Man bestimmt die absoluten Werthe der Respirationsgase entweder direct (s. nächsten §), oder indirect nach dem Vorgang von Boussaingault und Liebig, d. h. man ermittelt die C-, H-, N- und O-Mengen einerseits der Zufuhren und andererseits der Fäces und des Urines. Die grossen C-Mengen der Zufuhren, die sich nicht in genannten Ausscheidungen finden, gehören (von dem geringen C-Verlust der Haut abgesehen) der Lungenkohlensäure an, welche auf diesem Wege unter gewissen Voraussetzungen mit leidlicher Approximation bestimmt werden kann.

196. Ansammlung und Untersuchung der Athemgase.

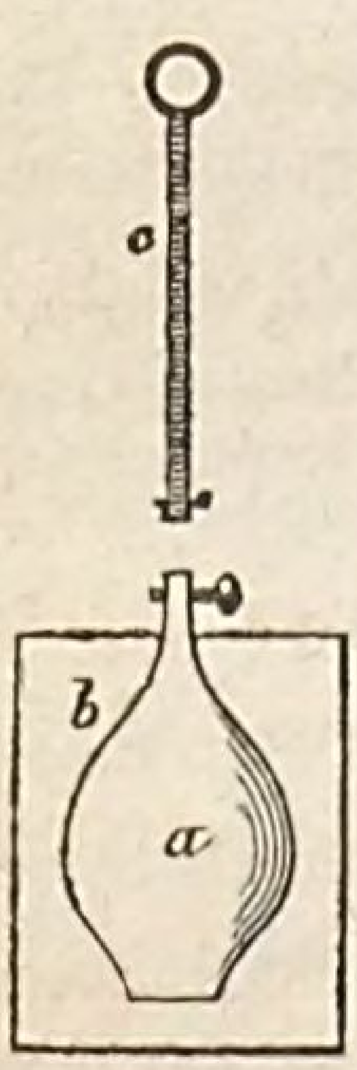


Fig. 44.

Die Technicismen scheiden sich nach zwei Hauptmethoden:

I. Ansammlung der Ausathmungsluft in einem Behälter (Prout, Vierordt). Man inspirirt durch die Nase und exspirirt mittelst des Mundes durch eine kurze, mit einem Hahn versehene Röhre, die in einen grossen Glasballon *a* Fig. 44 eingefügt ist. Als Sperrflüssigkeit dient gesättigte Kochsalzlösung (*b*). Die durch die Luft verdrängte Salzlösung entweicht aus der untern Offnung des Ballons.

Ein wesentlicher Vorzug der Methode besteht darin, dass sie die reine Ausathmungsluft liefert und damit allein Einsicht in die % Zusammensetzung, sowie die Mengenverhältnisse der Athemluft gewährt. Die meisten Grundfragen des respiratorischen Gaswechsels können nur mittelst dieser Methode untersucht werden; ihre Ausdehnung auf eine grössere Reihe von Individuen ist aber desshalb unthunlich, weil längere Uebung nöthig ist, um Athemzüge von normaler Dauer und Tiefe an dem Apparat auszuführen.

Die angesammelten Gase werden in einer calibirten Eudiometerröhre *c* Fig. 44 bestimmt nach bekannten Regeln der Gasanalyse: die Kohlensäure durch die Raumverminderung des Gasvolums, z. B. nach Schütteln desselben mit Aetzkalilösung; der

Sauerstoff in ähnlicher Weise mittelst Pyrogallussäurelösung, welche nach Liebig O begierig verschluckt, oder durch Verpuffung mit Wasserstoffgas mittelst Durchleitung eines elektrischen Funkens.

II. Das Versuchsindividuum athmet in einem Behälter, dessen Luft beständig erneuert wird. 1) Der Athmende befindet sich in einem Kasten, Figur 45 *k*, während ein grosser Aspirator *a* die Abfuhr der mit den

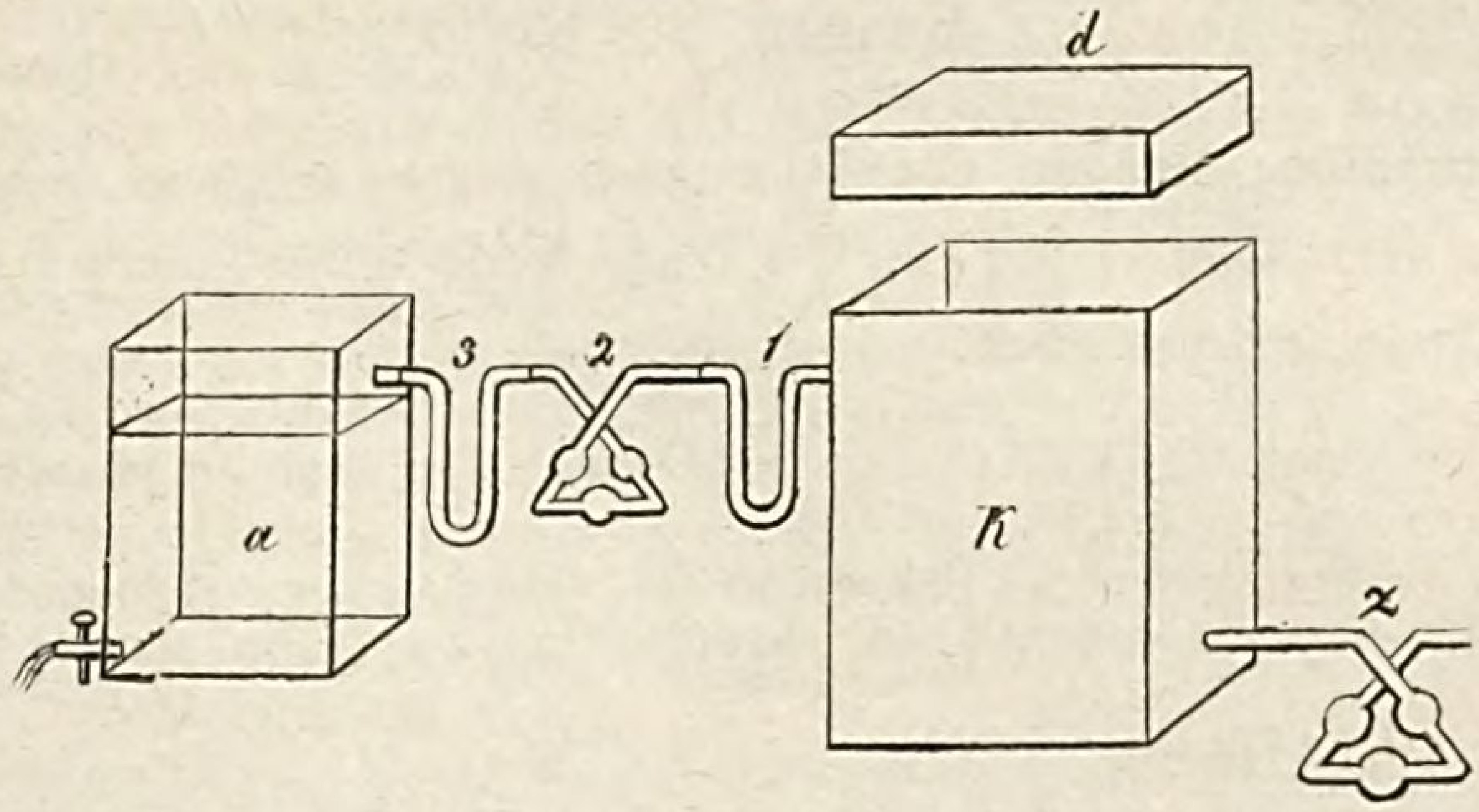


Fig. 45.

Athemgasen vermischten Kastenluft durch ein Abflussrohr besorgt und ein entsprechendes Nachrücken frischer Luftmassen durch ein Zufuhrrohr *z* ermöglicht wird. Die Ausfuhrluft streicht durch Röhren, die mit Aetzkalilösung und concentrirter Schwefelsäure gefüllt sind, um die Kohlensäure und das Wasser zu binden (Dulong und Despretz an Thieren, Scharling und Hannover an Menschen).

Der mit Aetzkalilösung gefüllte Liebig'sche Kugelapparat *z* bindet die Kohlensäure der Zufuhrluft; Röhre 1 enthält Asbest mit concentrirter Schwefelsäure zur Bindung des Wassers; die Kalilösung in 2 absorbirt die Kohlensäure, und die Schwefelsäure in Röhre 3 das durch den Luftstrom der Kalilösung entrissene Wasser. Der Aspirator *a* ist mit Wasser gefüllt; nach Maassgabe des zu regulirenden Wasserabflusses aus *a* erfolgt das Nachströmen von Atmosphäre nach *k*. Der augenblickliche Verschluss von *k*, nachdem die Versuchsperson hinabgestiegen, wird am besten durch den Deckel *d* bewerkstelligt, der in eine, in dem oberen Rand von *k* befindliche, mit passender Sperrflüssigkeit gefüllte Rinne eingesenkt wird. Um die Athem- und Perspirationsgase gesondert zu erhalten, benützte Scharling einen, in den grossen Kasten *k* gestellten kleineren. Die Versuchsperson gab die Athemluft ab in den grossen Kasten (indem der Kopf aus einem, sonst hermetisch verschlossenen, Ausschnitt des kleinen Kastens hervorragte), während der, in ähnlicher Weise ventilirte, kleine Kasten die Perspirationsgase aufnahm.

2) Andral und Gavarret befestigten eine Maske luftdicht über dem Gesicht. Die Ausathmungsluft wurde durch eine Röhre entfernt, die in mehrere luftleergemachte grosse Glasballons führte, während durch 2 Ventile äussere Luft in die Maske nachströmte. Der Athmende war somit einem Luftstrom ausgesetzt. Zweckmässiger sind die beiden folgenden Verfahrungsweisen.

3) Regnault und Reiset setzten Thiere in einen Behälter und liessen die Kohlensäure beständig absorbiren, während neuer Sauerstoff nachströmte nach Maassgabe der Kohlensäureabsorption. Der Stickgasgehalt der Luft des Behälters nimmt im Verlauf des Versuches etwas zu, so dass die Hauptaufgabe dieses Verfahrens, die Athmenden ohne starken Luftwechsel in einer normalen Atmosphäre zu erhalten, nicht vollständig erreicht werden konnte.

Die wesentlichsten Theile des Regnault'schen Apparates, Fig. 46, sind 1) die Glasglocke a, zur Aufnahme des Thieres; 2) ein Quecksilbermanometer m, um die Spannung der Luft in a zu messen; 3) die Flaschen k und k', gefüllt mit Aetzkalilösung. Die Flaschen communiciren mit a durch je eine elastische Röhre i und unter sich mittelst einer ähnlichen Röhre e. Wird k erhoben und gleichzeitig k' gesenkt, so entleert sich die Kalilösung durch e nach k', während k Luft aus a aufnimmt. Beim nächsten Niedergang von k wird die Luft durch die Aetzkalilösung (welche aus dem nunmehr sich erhebenden k' einströmt) nach a gedrängt und zwar frei von Kohlensäure. Ein (in der Zeichnung weggelassenes) Triebwerk besorgt das Auf- und Niedergehen der Flaschen k und k'. 4) Ein grosser mit Sauerstoffgas gefüllter Recipient r führt in dem Maass als das Thier Sauerstoff bindet, neue OMengen nach a. Ist der OBehälter mit concentrirter Chlorcalciumlösung gefüllt, so lässt man letztere nach unten ablaufen, während, von s aus, O nach r einströmt. Im Verlauf des Versuches fliesst aus dem Behälter B durch q Chlorcalciumlösung nach r ab, und verdrängt das O nach dem Athmungsbehälter a. Die drei mit Chlorcalciumlösung gefüllten Ballons m (deren Mündungen nicht gleich hoch stehen), haben die Aufgabe, die Chlorcalciumlösung in B ungefähr auf constantem Niveau zu halten.

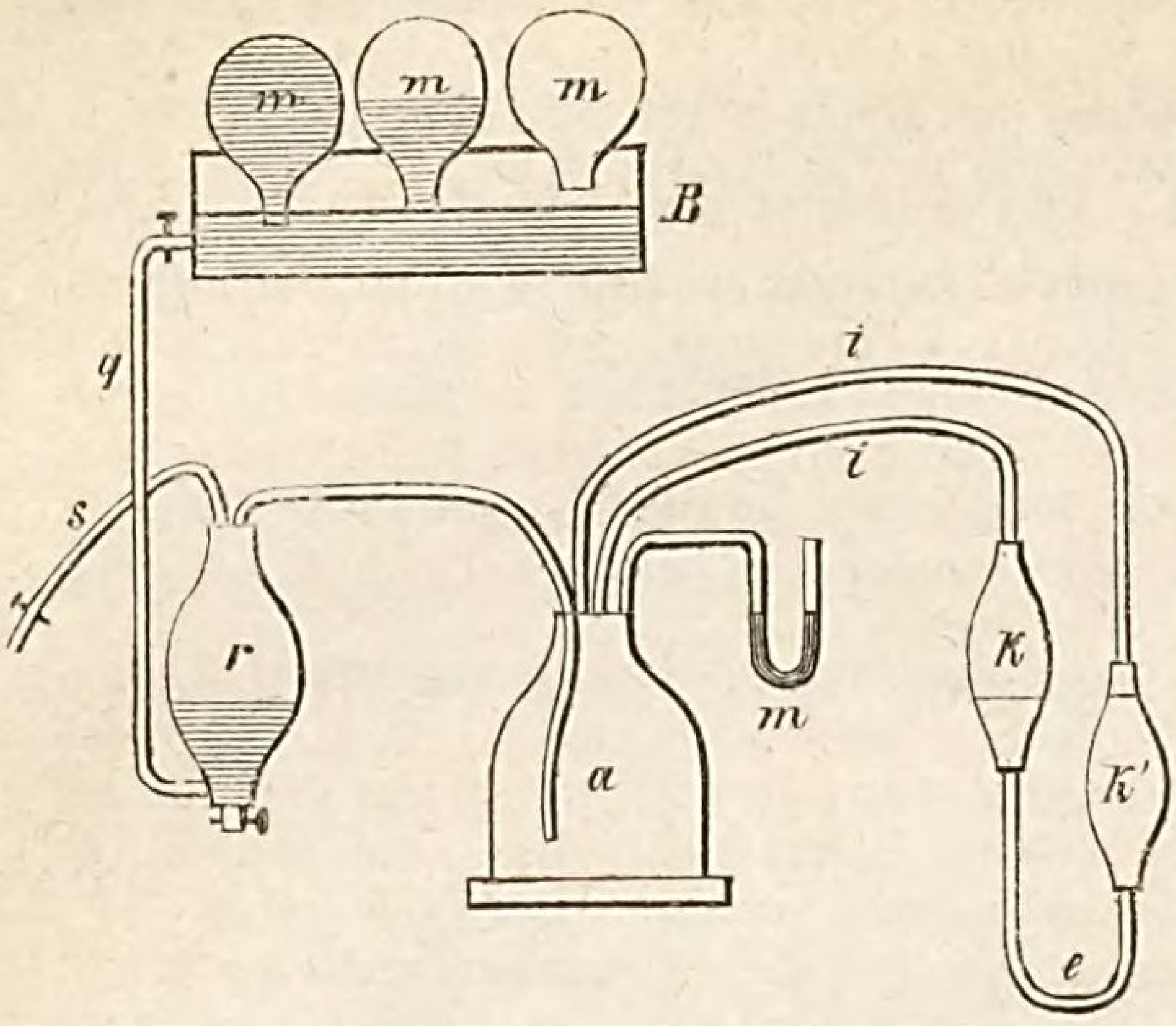


Fig. 46.

4) Pettenkofer's Respirationsbehälter ist ein gut ventilirtes geräumiges Zimmer, woselbst die Versuchsperson stundenlang ungestört verweilen kann. Da die Kohlensäure der aus dem Zimmer abgeführten grossen Luftmassen nicht vollständig durch Absorptionsmittel gebunden werden kann, so dient nur ein kleiner Nebenstrom zur Analyse, welcher, da er dem Hauptstrom immer proportional ist, die Berechnung der gesammten Respirationsprodukte gestattet.

Hauptstrom: Die Wände des Zimmers R, Fig. 47, sind von Eisenblech; die Zufuhrluft tritt durch die Fugen der in gewöhnlicher Weise geschlossenen Thüre t, während zur Ableitung der mit den Athemgasen vermischten Zimmerluft zunächst die Röhren a a dienen. Der Luftstrom wird unterhalten durch die Saugcylinder c und c', welche von einem, hier weggelassenen, Motor (Dampfmaschine) regelmässig auf- und abbewegt werden. Beim Aufsteigen saugt der Cylinder Luft aus Röhre d, indem sich ein Ventil bei k öffnet; beim Niedergehen entweicht die angesaugte Luft aus einigen im Deckel v des Cylinders angebrachten Ventilen. Die Gasuhr U, deren Einrichtung wir als bekannt voraussetzen, misst das Volum des Luftstroms, der vorher, zur Verhütung der Wasserverdunstung in der Gasuhr, durch den Befeuchtungsraum w (Bimssteinstücke mit Wasser befeuchtet) streicht.

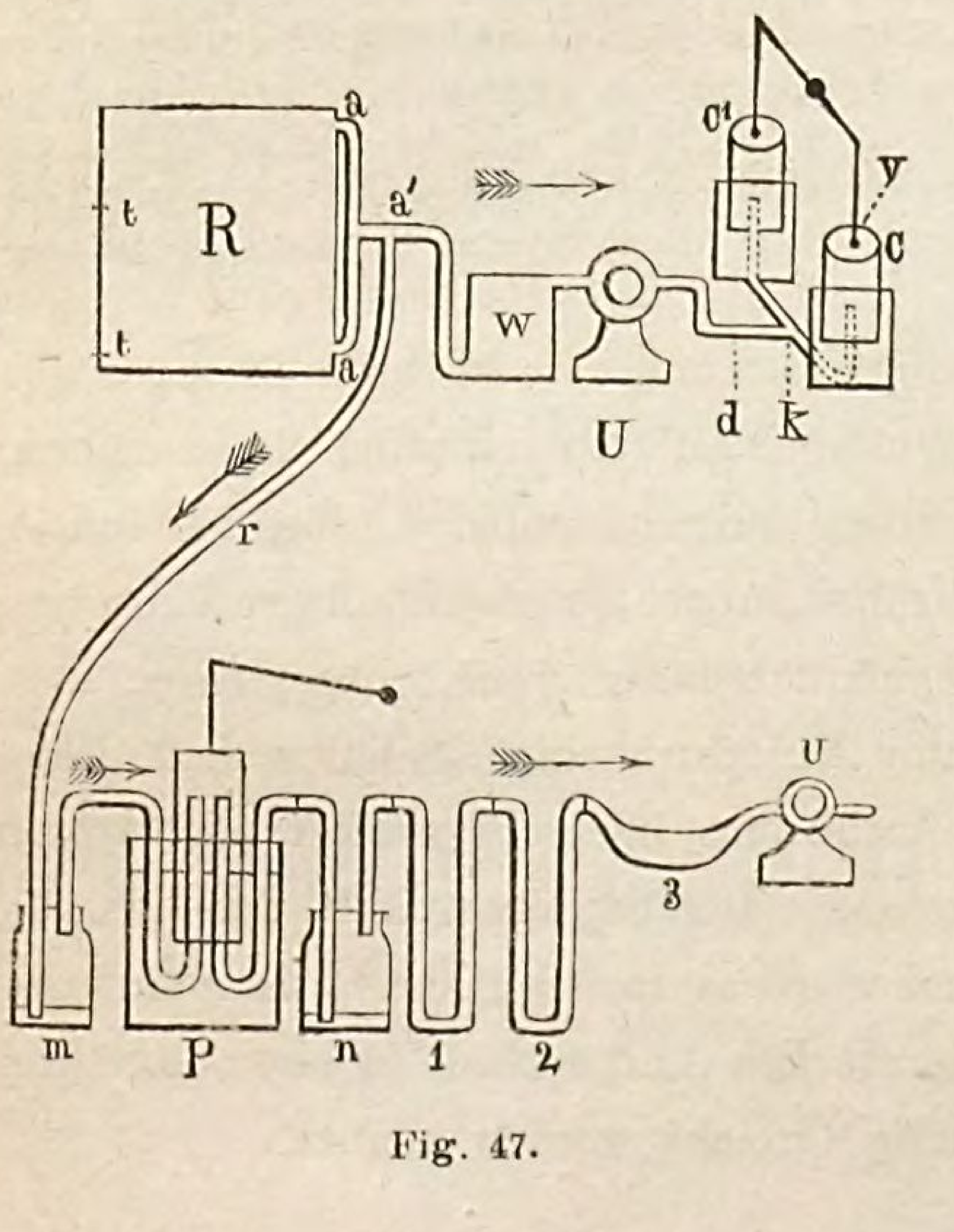


Fig. 47.

Nebenstrom: Er wird von der Röhre a' abgeleitet mittelst einer Saug- und Druckpumpe P, deren Auf- und

Niedergänge von den Bewegungen des Saugcylinders *c* (durch einen hier weggelassenen Zwischenapparat) besorgt werden. Der Glascylinder *P* enthält Quecksilber bis nahe zum Rand, sowie 2 Uförmige Röhren, die über dem Hg münden. Geht der Cylinder *P* herab, so entweicht die in ihm enthaltene Luft durch das Hg in Flasche *n*, während sie in *m* abgesperrt bleibt; geht aber *P* in die Höhe, so sperrt das Hg in *n* ab, während die Luft aus *r* nach *m* strömt. Auf ihrem weiteren Weg verliert die Luft ihr Wasser in Röhre *1* (Bimssteinstückchen mit conc. Schwefelsäure), sättigt sich in *2* (Bimssteinstückchen mit Wasser befeuchtet) wieder vollständig mit Wassergas, gibt in Glasrohr *3* ihre Kohlensäure an Barytwasser ab und wird schliesslich volumetrisch bestimmt in Gasuhr *U*, von wo aus sie entweicht. Von dem auf diese Weise bestimmten Kohlensäure- und Wassergas ist aber die Kohlensäure und das Wasser der Zufuhrluft abzuziehen. Desshalb leitet eine dem Apparat *r*—*P*—*1*—*U* gleiche Combination von der Thüre *t* aus wiederum einen proportionalen Nebenstrom der Zufuhrluft ab.

Kohlensäuremessung: Das Barytwasser in *3* verlangt zur Neutralisation ein bestimmtes Volum einer Oxalsäurelösung von gekanntem Gehalt. 1 C. C. M. dieser Lösung entspricht einem Milligramm Kohlensäure; was also nach beendetem Versuch das angewandte Barytwasser weniger Oxalsäure braucht zur Neutralisation, um das ist es bereits von der Kohlensäure des Luftstroms neutralisirt worden.

Liebermeister wandte dieses Verfahren zur Untersuchung der Athemgase bei Kranken an.

Alle Verfahrungsweisen der zweiten Hauptmethode führen nur zur Kenntniss der absoluten Mengen der Respirationsgase, jedoch viel sicherer als bei der ersten Hauptmethode. Der Sauerstoff wird übrigens in der Regel (Ausnahme bei Regnault) nur mittelbar bestimmt; rechnet man nämlich die während des Versuches abgegebenen Kohlensäure- und Wassermengen zum Körpergewicht hinzu, welches das Versuchsindividuum am Ende des Versuches bietet, so erhält man einen Gesammtwerth, der grösser ist als das Körpergewicht zu Anfang des Versuches. Das Mehr wird als durch das Athmen verschwundener Sauerstoff betrachtet, der nicht wieder in Form von Kohlensäure zum Vorschein kam. Dieses gibt, sammt dem in der ausgeathmeten Kohlensäure enthaltenen Sauerstoff die gesammte Sauerstoffaufnahme während des Versuches. Da alle übrigen gasförmigen Ausscheidungen, neben der Kohlensäure und dem Wassergas, wenig in's Gewicht fallen, so ist das Verfahren gerechtfertigt, vorausgesetzt dass nicht mehr als eine leidliche Annäherung verlangt wird.

197. Veränderungen des Blutes in den Lungen.

Das Blut nimmt in den Lungen Sauerstoff auf und gibt Kohlensäure, wahrscheinlich auch kleine, direkt nicht mehr bestimmbare Mengen Stickgas ab. Das arterielle Blut ist reicher an O und ärmer an C̈ (namentlich an chemisch gebundener) als das venöse. Die Herstellung der arteriellen Blutbeschaffenheit kommt sogleich dem gesammten Organismus zu gut, namentlich wird das arterielle Blut durch seinen grösseren O gehalt befähigt, die Thätigkeiten der Nerven und Muskeln, die eine bedeutende O zufuhr bedürfen, zu unterhalten, wie auch aus den Wirkungen der Infusion des Blutes hervorgeht. Thiere, welche durch grosse Blutverluste scheintodt geworden sind, werden nicht gerettet, wenn Blutserum, wohl aber wenn geschlagenes hellrothes Blut in ihre Adern gespritzt wird. Dagegen ist die Infusion von mit Kohlensäure geschütteltem Blut tödtlich.

Die auffallendste Veränderung des Blutes ist die Umwandlung der dunkelrothen Farbe in eine lebhaft hellrothe. Wird die Luftröhre verschlossen, so fliesst in wenigen Sekunden merklich dunkleres Blut in den Arterien; ebenso schnell wird die Farbe wieder heller, wenn die Trachea geöffnet wird (Bichat). Die Sauerstoffverbindung des Haematoglobulin ist lebhaft hellroth gefärbt. Die dunkelere Farbe des venösen Blutes ist nicht durch den grösseren Kohlensäuregehalt desselben bedingt (Marchand); wenn man zu zwei gleichartigen Blutproben gleiche Mengen Sauerstoff hinzufügt, zu der einen aber noch Kohlensäure, so zeigen sie gleichwohl dieselbe Nuance des Roth (Pflüger). Demnach hängt die dunkelere Farbe des venösen Blutes von dem geringeren Sauerstoffgehalt des Haematoglobulins ab.

Das arterielle Blut gerinnt rascher und ist in der Regel auch reicher an Faserstoff als das venöse. Die Temperaturunterschiede s. 258.

Da das Blut in den Capillaren Bestandtheile abgibt in die Gewebe und umgekehrt solche von den Geweben aufnimmt, so muss das venöse Blut noch mannigfaltige weitere Unterschiede vom arteriellen bieten. Diese Unterschiede müssen verschieden sein in den verschiedenen Organen; sie können aber in der Regel desshalb quantitiv nicht nachgewiesen werden, weil die Menge des in einer bestimmten Zeit durch ein Organ fliessenden Blutes enorm ist im Vergleich zu der Menge von Bestandtheilen, welche das Blut von dem Organ aufnimmt und an dasselbe abgibt.

198. Einfluss der Athembewegungen auf die Kohlensäureausscheidung.

Die Respiration steht unter allen vegetativen Thätigkeiten insoferne einzig da, als sie willkürlich gesteigert und gemindert werden kann durch entsprechende Veränderungen der Athemzüge. Die Sauerstoffaufnahme ist übrigens sammt der etwaigen Stickgasabgabe, in dieser Beziehung noch nicht, die Normen der Kohlensäure dagegen von Vierordt untersucht. Die Ergebnisse solcher Versuche führen sogleich zur Theorie des Gaswechsels im Athemorgan.

I. Zahl der Athemzüge (Athemfrequenz). Vermehrt man die Zahl der Athemzüge willkürlich, d. h. über das dem jeweiligen Körperbedürfniss entsprechende Maass, während ihre Tiefe möglichst normal (d. h. etwa 500 Cub. Cent.-Met.) und gleich bleibt, so nehmen die absoluten Kohlensäuremengen zu, aber nicht in dem Verhältniss als die Zahlen der Athemzüge wachsen, weil nämlich zugleich die % Kohlensäurewerthe der Ausathmungsluft sinken, und zwar anfangs rasch, später langsam.

Zahl der Athemzüge in 1 Minute.	Kohlensäure in 100 Vol. Luft.	In Cub. Cent. Metern in 1 Minute ausgeathmet Luft.	Kohlensäure.
12 (Norm)	4,3 = 2,9 + 1,4	6000	258
24	3,5 = 2,9 + 0,6	12000	420
48	3,1 = 2,9 + 0,2	24000	744
96	2,9 = 2,9	48000	1392

Jede Athmungsfrequenz, sie mag hoch oder nieder sein, gibt einen, von dem jeweiligen Kohlensäuregehalt des Blutes abhängenden constanten Werth (in obiger Tabelle 2,9 %), plus einer weiteren Kohlensäuremenge (0,2—0,6—1,4), die mit der Dauer der Athemzüge zunimmt.

II. Tiefe der Athemzüge. Vermehrt man willkürlich die Tiefe der Athemzüge, während die Dauer derselben normal bleibt (z. B. 12 in 1 Minute), so nehmen die absoluten Kohlensäuremengen zu, aber nicht in dem Verhältniss als die Tiefe der Athemzüge wächst, weil zugleich die % Kohlensäurewerthe der Ausathmungsluft sinken (Vierordt).

	Athemluft	Kohlensäure	Kohlensäure in 100 Vol. Athemluft.
	ausgestossen mittelst einer Exspiration in C. C. M.		
(Norm)	500	21	4,3
	1000	36	3,6
	1500	51	3,4
	2000	64	3,2
	3000	72	2,4

Die häufigeren und zugleich tieferen Athembewegungen, welche die starke Muskelanstrengung begleiten, vermehren desshalb die Kohlensäureausscheidung bedeutend. Athmen wir aber, bei sonstiger Körperruhe, willkürlich häufiger, so werden die Athemzüge (wenn nicht durch besondere Controllvorrichtungen für die normale Grösse derselben gesorgt wird) oberflächlicher, sodass bloss die oberste Luftschicht des Athemapparates ventilirt wird; dann wird die Ausathmungsluft sehr arm an % Kohlensäure und es kann möglicherweis die absolute Kohlensäure sinken, obschon das geathmete Luftvolum erheblich zunimmt (Lossen).

Wird unter gewöhnlichen, d. h. ungezwungenen Verhältnissen die Athemfrequenz (also aus inneren Ursachen) beschleunigt, so nimmt die absolute Kohlensäureausscheidung ebenfalls zu, aber selbstverständlich nicht in der sub I geschilderte starken Steigerung, da die Tiefe der Athemzüge zugleich abnimmt (Berg).

Die oben geschilderten Einflüsse vermehren die Ausscheidung der Kohlensäure nicht bloss vorübergehend, sondern so lange sie überhaupt wirken. Lossen hielt die Zahl der Athemzüge constant (15 in der Minute), während ihre Tiefe variabel gemacht wurde; er fand folgende Werthe:

Volum eines Athemzuges in C. C. M.	Kohlensäure in 15 Minuten in Grammen.	Dauer des Versuchs.
290	5,6	5 Minuten
420	7,3	94 »
1441	15,0	76 »

199. Freie Gasdiffusion innerhalb der Luftwege.

Fängt man das Gasvolum einer Ausathmung in mehreren Portionen auf, so zeigt es sich, dass der Kohlensäuregehalt der tieferen Schichten der Lungenluft immer mehr zunimmt (Allen und Pepys). Sammelte Vierordt die Luft einer Ausathmung in zwei, möglichst gleichen Portionen an, so betrug der Kohlensäuregehalt der ersten 3,7, der zweiten dagegen 5,4 Vol. %. Durch eine möglichst tiefe Ausathmung (nach vorausgegangenem gewöhnlichem Einathmen) wird aber eine viel kohlensäurereichere Luft ausgestossen; sie enthält etwa 1 % mehr Kohlensäure als die Ausathmungsluft von gewöhnlicher Tiefe.

Die Lungenluft wird in den feineren Bronchien zunehmend ärmer an Sauerstoff, reicher an Kohlensäure und wohl auch an Wassergas. Dadurch werden Diffusionsströme (21) bedingt von Kohlensäure und Wassergas in der Richtung von unten nach aufwärts, von Sauerstoffgas aber in entgegengesetzter Richtung. Diese Wanderung wird selbst bei Unterbrechung der Athembewegungen nicht vollkommen aufgehoben; bringt man bei vollständiger Ruhe der Athemmuskeln den geöffneten Mund in Verbindung mit einem abgeschlossenen mässigen Luftvolumen, so enthält letzteres bald merkliche Mengen Kohlensäure (Vierordt). Auf diese Weise wird der minime respiratorische Gaswechsel im tiefsten Winterschlaf, sowie im Scheintod unterhalten; für die gewöhnlichen Athembedürfnisse reicht aber die Diffusion bei weitem nicht aus und die Luft des Respirationsapparates bedarf der wirksamen Ventilation durch das Wechselspiel der Ein- und Ausathmungsbewegungen.

Stellt man sich die Bronchien gleichen Ranges zu je einem einzigen Canal vereinigt vor, so nimmt der Querschnitt des luftführenden Canales vom Larynx an bis in die Lungenzellen ungeheuer zu. Die so eben inspirirte Luft dringt aber nur bis in die gröberen Bronchien herab, deren geringerer Gesammtquerschnitt die Diffusion minder begünstigt.

200. Kohlensäurediffusion in den Lungen.

Die Ausscheidung der Kohlensäure aus dem Blut in die Lungenluft hängt zunächst ab vom Gegendruck der Kohlensäureatmosphäre in der Luft der Lungenzellen (Vierordt). Die Spannung der Kohlensäure des Lungencapillarblutes ist stärker als die Spannung der freien Kohlensäureatmosphäre in den Lungenzellen, desshalb entweicht, dem Diffusionsgesetz gemäss, Kohlensäure in die Lungenluft. Wir unterscheiden folgende Modi des Kohlensäurewechsels:

I. Vermehrte Abgabe der Kohlensäure. Beim willkürlich gesteigerten, sehr frequenten und sehr tiefen, also die Lungenluft wirksam ventilirenden, Athmen ist der Kohlensäuregehalt der Lungenluft gering; daher gibt das Blut grosse, das Respirationsbedürfniss weit übersteigende Kohlensäuremassen ab.

Die in 198, Anmerkung, angeführten Erfahrungen Lossen's zeigen, dass diese Steigerung der Kohlensäureproduktion nicht bloss eine vorübergehende ist, wie man bei oberflächlichem Betrachten der Verhältnisse etwa meinen könnte, sondern dass sie längere Zeit hindurch willkürlich erzielt werden kann.

II. Norm. Beim gewöhnlichen Athmen ist die Lungenluft kohlensäurereicher, also die Abgabe der Kohlensäure gemässigt, entsprechend dem eben vorhandenen Respirationsbedürfniss.

III. Minderung der Kohlensäureabgabe. Bei Hemmung der Athembewegungen erfährt die Kohlensäureausscheidung aus dem Blut schnell ein wesentliches Hinderniss. Der % Kohlensäuregehalt der Lungenluft nimmt zu, anfangs schnell, später langsamer und die aus dem Blut in der Zeiteinheit abgeschiedenen absoluten Kohlensäuremengen sinken immer mehr. Der Gang

der Erscheinung hängt übrigens von der Luftfüllung der Lungen ab. In Reihe I gieng dem Verschluss von Mund und Nase eine normale, in II dagegen eine möglichst tiefe Inspiration voraus. Der Athem wurde verschieden lang angehalten und sodann möglichst tief exspirirt; das ausgeathmete Luftvolum betrug in I 1800, in II 3600 C. C. M. (Die Kohlensäure normaler Athemzüge = 4,3 %).

Dauer der Athemhemmung in Secunden.	I. Kohlensäure in %	I. Kohlensäure in C. C. M.	II. Kohlensäure in %	II. Kohlensäure in C. C. M.
20	6,03	108,5	5,09	183
25	6,18	111,2	—	—
30	6,39	115,0	—	—
40	6,62	119,0	5,71	205
50	6,62	119,0	—	—
60	6,72	120,9	6,34	228
80	—	—	6,67	240
100	—	—	7,38	265

Nach 60, resp. 100 Secunden ist die Athemnoth so gross, dass exspirirt werden muss; aber auch jetzt ist, namentlich in Reihe II, eine geringe Kohlensäureausscheidung immer noch möglich. Die Luft des Respirationsapparates zeigt nunmehr in ihren verschiedenen Schichten nahe denselben Kohlensäuregehalt.

IV. Aufnahme von Kohlensäure. In sehr kohlensäurereicher Atmosphäre (etwa von 30 % an) erfolgt, wie schon Legallois fand, eine Absorption von Kohlensäure, also eine vollständige Umkehr der Norm; gleichwohl können Säugthiere in einem solchen Medium vorübergehend bestehen, vorausgesetzt dass zugleich grosse Sauerstoffmengen geboten werden.

V. Zwischen III und IV muss ein Indifferenzpunkt liegen, charakterisirt durch Gleichheit der Kohlensäurespannung in der Lungenluft einerseits und dem Blut andererseits; das Lungenblut gibt nunmehr weder Kohlensäure ab, noch nimmt es solche aus der Lungenluft auf. Dieser Indifferenzpunkt kann bei sehr verschiedenen % Kohlensäurewerthen des Athemraumes eintreten; er hängt namentlich ab von dem zur Verfügung stehenden Sauerstoffvorrath (201); auch kann derselbe bei der Labilität der betreffenden Körperzustände nur auf kurze Zeit beibehalten werden; er muss bald einer geringen Aufnahme oder Abgabe von Kohlensäure Platz machen, kann aber später wiederkehren u. s. w.

Beim respiratorischen Gaswechsel kommt zunächst bloss die absorbirte Kohlensäure in Betracht, da die Ausscheidung der Kohlensäure den einfachen physikalischen Gesetzen der Diffusion und Absorption der Gase gehorcht. Dasselbe ist der Fall bei dem Stickgas, das im Blut nur mechanisch absorbirt enthalten ist.

201. Aufnahme von Sauerstoff in das Blut.

Die beträchtlichen Sauerstoffmengen, welche beim Athmen in das Blut übergehen, führten, mit Rücksicht auf die verhältnissmässig geringe Absorptions-

fähigkeit der meisten Flüssigkeiten für Sauerstoffgas, viele Physiologen längst zur Vermuthung, dass die Sauerstoffaufnahme in das Blut wesentlich durch chemische Anziehung vermittelt werde. Absorptionsversuche bekräftigten diese Ansicht. Nach L. Meyer ist nur ein kleiner Theil des vom Blut verschluckten O einfach absorbirt, das meiste dagegen chemisch gebunden, wenn auch nur durch geringe Affinitäten und desshalb aus dem Blute durch mechanische Mittel (25) abscheidbar. Die Sauerstoffaufnahme ist demnach nur zum kleineren Theil ein physikalisches Absorptionsphänomen. Blutserum bindet viel weniger O, als die Blutkörperchen, deren Hämatoglobulin das O rasch bindet.

Aus der begierigen Sauerstoffattraction des Blutes folgt: 1) Auch in verdünnter Luft kann noch geathmet werden. Würde die O-Aufnahme vorzugsweis nach dem mechanischen Absorptionsgesetz erfolgen, so könnten Thiere in hohen Elevationen über dem Meer nicht bestehen. 2) Beim Athmen in grössern abgeschlossenen Lufträumen wird nach und nach fast aller Sauerstoff verzehrt (Nysten). Ludwig und W. Müller brachten die Trachea von Thieren durch eine Röhre in Verbindung mit abgeschlossenen Sauerstoffräumen. Letztere enthielten beim Beginn des Todes der Thiere grosse Kohlensäuremengen (20 bis 68%, die höheren Werthe bei grösseren Athemräumen), während die O-Mengen auf 60 bis 20% gesunken waren.

In hohen Elevationen (und zwar nicht bloss beim vorübergehenden Aufenthalt) athmet der Mensch allerdings schwerer und ist schon bei kleinen Anstrengungen mehr oder weniger der Athemnoth, Schwindel und dergl. Symptomen ausgesetzt (Vetakrankheit der Peruaner). In den hochgelegenen Gegenden der Andes zeigen die Einwohner eine auffallende Geräumigkeit des Brustkorbes (Humboldt).

Regnault und Reiset liessen Warmblüter mehrere Stunden in einer Atmosphäre athmen, die 2—3mal mehr O enthielt, als die gewöhnliche Luft. Gleichwohl sollen die Thiere nicht im geringsten belästigt gewesen sein; die verschwundenen O Mengen waren die gewöhnlichen. Nach Marchand dagegen absorbiren Frösche beim stundenlangen Aufenthalt in einer O-Atmosphäre grössere O Mengen als in gewöhnlicher Luft. Aelteren Angaben zufolge ist das venöse Blut von Thieren, die in O athmeten, heller roth als gewöhnlich, sowie auch solche Thiere, wenn sie in irrespirabele Gasarten gebracht werden, später ersticken und ihre Muskelreizbarkeit nach dem Tode später verlieren sollen.

Eine andere Frage ist, wie gestaltet sich die O-Aufnahme in den ersten Minuten des Versuches. Nach älteren Forschern, z. B. Allen und Pepys, werden bei plötzlicher Vertauschung gewöhnlicher Luft mit einer überwiegenden O-Atmosphäre viel grössere O-Mengen aufgenommen, eine Angabe, die, zwar nicht unwahrscheinlich, jedoch erneuter Bestätigung bedarf. Ohne Zweifel wird rasch eine Art von Accommodation erfolgen, welche die weitere O-Aufnahme auf das gewöhnliche Maass zurückführt.

202. Stickgas.

Schon Lavoisier behauptete, dass das Stickgas beim Athmen keine Veränderung erleide; dagegen fanden Dulong, Despretz u. A. eine Zunahme

des Stickgases in der Ausathmungsluft, die jedoch späteren Forschern, Valentin und Brunner, Regnault und Reiset, in der Regel als so gering sich erwies, dass sie in den Bereich unvermeidlicher Versuchsfehler fallen konnte. Die Frage ist direkt, d. h. an der Ausathmungsluft selbst, nicht zu lösen, eher indirekt, durch Vergleichung des Stickstoffgehaltes einerseits der Zufuhren und andererseits der Ausscheidungen in Harn und Koth. Boussaingault u. A., neuerdings wieder Seegen, auf Grund zweier langen Versuchsreihen an einem Hunde, behaupten, die im Harn (als Harnstoff u. s. w.) sowie im Koth zum Vorschein kommende Stickstoffmenge sei merklich geringer als die mit der Nahrung einverleibte; man kam demnach zum Ausspruch, dass beim Athmen eine erhebliche Menge Stickgas ausgeschieden werden müsse. Dagegen fanden Bischoff und Voit u. A., dass bei bestimmten Beköstigungsweisen (beim Menschen fehlen auf breiten Versuchsperioden beruhende Erfahrungen) sämmtlicher, in der Nahrung aufgenommene und in die Säftemasse übergegangene Stickstoff im Harn als Harnstoff und Harnsäure, den Körper wieder verlässt; vorausgesetzt, dass einige Tage vor dem Beginn der Versuchsreihe durch Fütterung mit der in den Versuchen dargereichten Kost der Körper in das nöthige Gleichgewicht gesetzt wird. Das Nähere s. 279.

Die Frage, ob im Organismus selbst Stickgas unter Umständen frei werde, muss gleichwohl vorerst noch als eine offene betrachtet werden, obschon theoretischerseits Spaltungen Stickstoffhaltiger Körperbestandtheile, die zur Stickgasbildung führen könnten, eine sehr geringe Wahrscheinlichkeit für sich haben.

Das Stickgas spielt wahrscheinlich beim Athmen nur eine beiläufige Rolle. Eine geringe Stickgasausscheidung durch die Lungen kann von anderweitigen Ursachen abhängen. Wir verschlucken mit dem Speichel, den Speisen und Getränken keine unbeträchtliche Menge atmosphärischer Luft, welche einen Theil ihres N wohl an das Blut abgeben könnte. Nach manchen Forschern, namentlich Regnault und Reiset, sollen hungernde Thiere ausnahmsweis kleine Stickgasmengen aus der Atmosphäre aufnehmen. Diese (bei den hier unvermeidlichen Versuchsfehlern allerdings nicht leicht zu beweisende) völlige Umkehr des Prozesses, sowie der geringe Absorptionscoëfficient des Blutes für Stickgas, stellen die Bedeutung des letzteren für das Athmen sehr zurück. Dazu kommt noch, dass in der Regel (oder immer?) das Blut mit Stickgas gesättigt zu sein scheint, sodass keine erheblichen Variationen der Stickgasausscheidung möglich sind; während gerade diejenigen Gase, welche sich lebhaft bei der Respiration betheiligen, lange nicht bis zu ihrem Sättigungspunkt, sondern in wechselnden Mengen im Blute vorkommen, wodurch allein eine dem Respirationsbedürfniss entsprechende, schnelle Steigerung oder Minderung des Gaswechsels ermöglicht wird.

203. Blutveränderungen in den Körpercapillaren.

Das arterielle Blut kommt verhältnissmässig reich an Sauerstoff und ärmer an Kohlensäure in die Capillaren der grossen Blutbahn und tritt daselbst in Wechselwirkung mit den in den Gewebsäften gelösten Gasen. Diese sind ärmer an O, reicher an $\ddot{C}$; es findet also ein dem Lungengaswechsel, der Richtung nach, entgegengesetzter Prozess statt: der parenchymatöse Gaswechsel besteht in einer Abgabe von O aus dem Blut und einer Aufnahme von $\ddot{C}$ in das Blut. Bei dem Ortswechsel der Körpergase verhalten sich also die Gewebsäfte dem Blut gegen-

über, wie dieses sich verhält gegenüber der Atmosphäre. Dieser parenchymatöse Gaswechsel muss je nach den Geweben verschieden sein, so dass das Blut der einzelnen Provinzen des Venensystems auch in seinem Gasgehalt Verschiedenheiten bieten wird. Die grösste Stärke wird der Gaswechsel wohl im Muskel- und Nervensystem erreichen, wie schon der innige Zusammenhang der Leistungen beider Systeme mit der Athmung wahrscheinlich macht.

Die Thätigkeit eines Organes ist wohl immer mit einer Vermehrung seines Gaswechsels verbunden, sowie mit einer, unter Umständen verhältnissmässig noch grösseren Vermehrung des ihm zuströmenden Blutes, wesshalb letzteres durch die Venen verhältnissmässig hellroth abläuft. Diess ist nach *Bernard* bei den Drüsen (Unterkieferdrüse 164, Niere, Pancreas) der Fall, deren Venenblut erst bei abnehmender oder aufhörender Secretion einen stärker venösen Charakter erhält. Im Muskel verhält es sich anders; hier ist der Gaswechsel während der Thätigkeit des Organes derartig gesteigert, dass trotz der zuströmenden grossen Blutmenge das abfliessende Blut einen stark venösen Charakter bietet.

204. Bildungsstätten der Kohlensäure.

Wir unterscheiden 3 Heerde der C̈-bildung.

I. Der Sauerstoff wird, in lockerer chemischer Verbindung, den Capillaren der grossen Blutbahn zugeführt, um dort gegen die Kohlensäure der Gewebsäfte ausgetauscht und zur Oxydation von Gewebebestandtheilen verwendet zu werden. *Die Gewebe stellen den Hauptheerd der Oxydationsprozesse dar.* Man kann diesen Vorgang gewissermaassen direkt untersuchen an den Veränderungen, welche auspräparirte Körpertheile in einem abgesperrten Gasraum verursachen. Ein Froschmuskel z. B. gibt an die umgebende Gasatmosphäre Kohlensäure ab (74) und verschluckt zugleich Sauerstoff. Wird der Muskel in Thätigkeit versetzt, so steigt nicht bloss seine Temperatur (87), er bildet also Wärme, sondern er entzieht der Atmosphäre mehr Sauerstoff und gibt in dieselbe mehr Kohlensäure ab, als im ruhenden Zustand, Erfahrungen, die wohl dafür sprechen, dass man es hier mit einem Analogon der normalen parenchymatösen Respiration zu thun hat. Auch erhielten *Ludwig* und *Szelkow* einen grösseren Kohlensäuregehalt des Cruralvenenblutes, wenn die Muskeln der hinteren Extremität elektrisch gereizt wurden. Ja selbst die in 200 erörterten Normen der »atmosphärischen Respiration« wiederholen sich hier, indem nach *Valentin* der Wechsel des Kohlensäuregases zwischen den Muskeln und dem umgebenden Gasraum von dem Kohlensäuregehalt des letzteren abhängt. Steigt derselbe auf etwa 7 %, so kommt die Kohlensäureabgabe der Muskeln zum Stillstand; bei noch grösserem Kohlensäuregehalt verschluckt der Muskel sogar Kohlensäure.

II. Die *Blutmasse* selbst ist ein Heerd von Oxydationsvorgängen und zwar namentlich das Blut der Lungenvenen, des linken Herzens und des ar-

teriellen Theiles der grossen Blutbahn. Das Haematoglobulin bindet in der arteriellen Blutbahn Sauerstoff, um denselben den Geweben zuzuführen. Eine irgend erhebliche Bildung der Endprodukte der Oxydation, d. h. von Kohlensäure (und Wasser?) findet in der arteriellen Blutbahn nicht statt, wie schon die Thatsache beweist, dass das Blut in den kleinen Arterien ebenso lebhaft hellroth gefärbt ist wie in den grossen Arterien oder den Lungenvenen. Der Gasgehalt des Arterienblutes in den verschiedenen Gefässprovinzen desselben Thieres zeigt demnach keine wesentlichen Unterschiede.

Aus dem Verhalten des gelassenen oder des vom Kreislauf (durch Gefässunterbindung) künstlich abgesperrten Blutes darf man selbstverständlich nicht auf die normalen Oxydationsbedingungen im rasch circulirenden Blut schliessen. Im defibrinirten gelassenen Blut nimmt O ab, während C̈ neugebildet wird und zwar in grösserer Menge als O verschwindet.

III. Ein, vielleicht nicht unbedeutender Antheil der ausgeathmeten Kohlensäure dürfte im Lungengewebe selbst entstehen.

205. Unterstützungsmittel der Oxydation.

Da die Oxydationsprocesse im Organismus bei verhältnissmässig niederer, also für diese Vorgänge ungünstiger, Temperatur geschehen und ausserdem die Verwandtschaft der meisten Bestandtheile des Organismus zum Sauerstoff verhältnissmässig gering ist, so suchte man nach besonderen Veranstaltungen, welche den Oxydationsprocess unterstützen. Das Ozon und das freie oder doch nur theilweis neutralisirte Alkali der Säfte und Gewebbestandtheile ist hier vorzugsweis beachtenswerth.

Das Ozon, die von Schönbein entdeckte Modification des Sauerstoffs, zeichnet sich vor dem gewöhnlichen Sauerstoff durch kräftige oxydirende Eigenschaften aus. Während das Molecül O aus einem Atompaar O besteht, treten in das Molecül Ozon drei Sauerstoffatome; wesshalb das Ozonmolecül über mehr freie Affinitäten verfügt als das Sauerstoffmolecül (Soret).

Verschiedene Einflüsse, z. B. elektrische Schläge, verwandeln den gewöhnlichen Sauerstoff in Ozon. Auch die Blutkörperchen besitzen dieselbe Eigenschaft. Ein gutes Reagens auf Ozon ist z. B. frische weingeistige Guayaclösung; diese wird durch Sauerstoff nicht gebläut (oxydirt), wohl aber durch (freies oder chemisch gebundenes) Ozon.

Bringt man auf einen mit Guayactinctur durchtränkten und wieder getrockneten Papierstreifen einen Tropfen frisches Blut, so entsteht um letzteren bald ein tiefblauer Ring; diese Ozonreaction ist besonders deutlich am 5—10fach verdünnten Blut, sie fehlt beim Serum (A. Schmidt). Direkt kann Ozon im Blut allerdings nicht nachgewiesen werden, da es sogleich zu Oxydationen verbraucht wird. Der eben genannte Versuch Schmidt's beweist demnach nur die Fähigkeit der Blutkörperchen, das gewöhnliche O zu ozonisiren.

Die Bildung des Ozon's ist übrigens von einer zweiten Sauerstoffmodification, dem von Schönbein und Meissner untersuchten Antozon begleitet, und wie es Verbindungen gibt, welche Ozon enthalten, sog. Ozonide, so gibt es

auch sog. Antozonide; z. B. Wasserstoffsuperoxyd, in welchen das zweite Sauerstoffäquivalent von Manchen als Antozon betrachtet wird.

Antozon wird abgeschieden, indem man Sauerstoffgas oder atmosphärische Luft, die durch Elektrisiren ozonisirt wurden, durch starke Jodkaliumlösung leitet. Der Luftstrom kommt Ozonfrei heraus, enthält aber noch Antozon, das nicht durch Jodkali absorbirt wird und sofort einen dichten weissen Nebel bildet. Das Antozon, dessen Zusammensetzung nicht näher bekannt ist, zeigt eine grosse Verwandtschaft zum Wasser und viel geringere oxydirende Eigenschaften als das Ozon.

Auch die Alkalien wirken oxydationsbefördernd. Viele organische Verbindungen, welche vom Sauerstoff an und für sich nicht verändert werden, oxydiren sich nämlich bei Anwesenheit von freiem Alkali.

Gallussäure und Pyrogallussäure z. B. oxydiren sich nicht an der Atmosphäre, wohl aber bei Gegenwart von Alkali und zwar so rasch, dass die Pyrogallussäurelösung als eudiometrisches Mittel dient. Zucker wird oxydirt bei Anwesenheit von freiem Alkali, er entreisst alsdann sogar Metalloxyden einen Theil ihres O und reduzirt z. B. Kupferoxyd in Oxydul (Trommer'sche Zuckerprobe). Selbst das Ozon verändert nach Gorup-Besanez die meisten freien organischen Säuren nicht, während es dieselben als Alkalisalze oder bei Gegenwart von freiem Alkali zu kohlensauren Salzen oxydirt.

Demnach lässt sich erwarten, dass die alkalische Reaction des Blutes und der meisten Säfte die Oxydationsvorgänge im Organismus begünstigt (Liebig). Zahlreiche Erfahrungen bestätigen das in der That; die organischen Säuren z. B., innerlich genommen, gehen unverändert in den Urin über, oder es wird doch nur ein kleiner Theil derselben zu Kohlensäure und Wasser oxydirt; gelangen sie aber in ihren Alkaliverbindungen in den Kreislauf, so werden sie vollständig verbrannt und erscheinen als kohlensaure Salze im Urin.

Zahlreiche unorganische (z. B. Platin) und organische Körper, vor allem die Blutkörperchen, haben die Fähigkeit, Antozon aus Antozoniden auszuscheiden und in Ozon zu verwandeln.

Beide Ozonarten, mit einander in Berührung gebracht, gleichen ihre Eigenschaften aus unter Bildung von gewöhnlichem Sauerstoff; desshalb zersetzen die vorhin erwähnten Körper das Wasserstoffsuperoxyd in Wasser und gewöhnlichen Sauerstoff, indem das freigewordene Antozon mit dem Theil des letzteren, der sich in Ozon verwandelt, zusammentritt. Nur dann, wenn ein dritter Körper, z. B. Guayakharz oder Jodkalium, vorhanden ist, der Ozon kräftig absorbirt, oxydirt ein Theil des im Wasserstoffsuperoxyd entstehenden Ozon's eben diesen dritten Körper (Schönbein).

Guayakharz wird durch Wasserstoffsuperoxyd nicht gebläut, wohl aber sogleich, wenn nur eine Spur von Blut hinzugefügt wird.

Die Vermuthung, dass im Blut und in den Organen Wasserstoffsuperoxyd (welches überhaupt bei allen langsamen Verbrennungen als Nebenprodukt entsteht) sich bildet, ist nicht ungerechtfertigt; ein direkter Nachweis dieses Körpers ist aber aus dem Grund nicht zu erwarten, weil er (nach voranstehender Anmerkung) durch die Blutkörperchen in Wasser und Sauerstoff zerlegt wird. Letzteres ist beim gelassenen Blut in der That der Fall; wird dagegen Wasserstoffsuperoxyd dem circulirenden Blut einverleibt, so wird kein O gas frei; das freiwerdende O muss also alsbald zu Oxydationen verwendet, d. h. Antozon in Ozon verwandelt werden.

Nach Obigen würde Ozon im Blut entstehen 1) aus zerlegtem Wasserstoffsuperoxyd und 2) aus inspirirtem gewöhnlichem Sauerstoff. Der Ozongehalt

der Luft ist sehr gering; eine nur mässige Zunahme desselben wirkt reizend auf die Bronchialschleimhaut. Kleine Säugethiere in einen ozonisirten Luftraum gebracht, gehen in Folge von Lungenaffection rasch zu Grunde.

206. Wechselverhältniss zwischen Sauerstoff und Kohlensäure.

Die Kohlensäure ist das Oxydationsprodukt des Kohlenstoffs der Körperbestandtheile; da aber (in einem längeren Zeitraum) immer mehr Sauerstoff verschwindet als wieder in der Kohlensäure zum Vorschein kommt, so muss ein Theil des aufgenommenen O zu anderweitigen Verwendungen dienen, vor allem zur Oxydation des H von Körperbestandtheilen. Kohlensäure und Wasser sind demnach die hier vorzugsweis in Betracht kommenden Endprodukte der Oxydationsprocesse im Körper. Die Vorgänge sind jedoch nicht so aufzufassen, als ob das C und H der eigentlichen chemischen Constituentien der Organe unmittelbar zu Kohlensäure und Wasser verbrannt würde; die Oxydation erfolgt nur stufenweis, doch sind die Zwischenglieder dieser Processe nur wenig gekannt.

Aehnlich verhält es sich bei der Oxydation organischer Verbindungen auch ausserhalb des Organismus; so gibt z. B. eine alkalische Lösung von Traubenzucker oder Rohrzucker bei Einwirkung eines Ozonhaltenden Luftstromes Kohlensäure und Ameisensäure; letztere selbst liefert schliesslich wieder Kohlensäure (Gorup-Besanez).

Der im Blut jeweils vorhandene und aus demselben in Gasform abscheidbare (s. 26) Vorrath O und $\ddot{C}$ kann nicht viel über 4 Gramme betragen. Würde man dazu noch die von den Geweben absorbirten Gasmengen rechnen, deren Betrag jedoch nicht näher bekannt ist, so erhielte man auch dann nur kleine Sauerstoff- und Kohlensäurevorräthe, die wenig in's Gewicht fallen. Da aber die absolute Menge der durch den Respirationsprocess gewechselten $\ddot{C}$ und O in 24 Stunden eine sehr grosse ist, so folgt, dass die eben vorhandene Kohlensäure sehr bald (in wenigen Minuten) exspirirt und durch neuentstandene ersetzt ist, während anderseits der augenblicklich frei verfügbare O von den Geweben ebenso schnell in Beschlag genommen wird, um neuen, durch die Respiration aufgenommenen O Platz zu machen.

Da nun der Sauerstoff nicht direkt zur Bildung der Endprodukte der Verbrennung, d. h. von Wasser und Kohlensäure, verbraucht wird, so ist begreiflich, dass die so eben gebildete Kohlensäure nicht nothwendig auf Kosten des kurz vorher durch das Athmen aufgenommenen O in allen Fällen zu entstehen braucht. Desshalb kann die O-Aufnahme und $\ddot{C}$-Abgabe bis zu einem gewissen Grade in einer kleineren Zeitperiode von einander unabhängig geschehen. So fand Valentin, dass der Winterschläfer ausnahmsweis an Gewicht zunehmen kann, obschon er Athemprodukte hergibt; die O-absorption überwiegt in diesem Fall. Pettenkofer und Voit erhielten in den einzelnen Tageszeiten verschiedene, wenn auch nicht constant wiederkehrende, Verhältnisse der $\ddot{C}$ zum O; am Tage kommt von dem aufgenommenen O viel mehr in Form von $\ddot{C}$ zum Vorschein, als in der Nacht, wo die O-Absorption im Vergleich zur $\ddot{C}$-Ausscheidung häufig stärker ist. Der nicht in Form von $\ddot{C}$ ausgeschiedene O

kann nun verwendet werden entweder zur Wasserbildung, oder zu solchen Oxydationen, die (durch verschiedene Zwischenstufen) schliesslich zur C̈ - Bildung führen. Die Möglichkeit ist demnach vorhanden, dass ein Theil der ausgeathmeten C̈ auf Kosten von mehrere Stunden vorher aufgenommenem O gebildet werden kann.

207. Einfluss der Nahrung auf die Athemprodukte.

Im hungernden Zustand zeigt die Athmung, wie überhaupt der Stoffwechsel, keinen wesentlichen Unterschied im Pflanzen- und Fleischfresser; dagegen macht sich der Einfluss der Nahrung in hohem Grad geltend beim wohlgenährten Thier oder auch im Menschen, wenn er einseitig von Pflanzen- oder Fleischkost lebt. Vergleicht man nämlich die Zusammensetzung der Nährstoffe, so bieten sie grosse Unterschiede in ihrem, bei unserer Frage zunächst in Betracht kommenden Sauerstoffgehalt.

Die Kohlenhydrate enthalten ausser C noch H und O, und zwar letztere im Verhältniss wie im Wasser; demnach verlangen die Kohlenhydrate weitere O-Mengen bloss zur Verbrennung des C. Die Fette bedürfen ausser den geringen O-Mengen, die sie bereits führen, zur Oxydation ihres C und H weitere O-Quantitäten. Kohlenhydrate und Fette zerfallen demnach schliesslich in Kohlensäure und Wasser. Die Eiweisskörper dagegen bilden bei ihrem Zerfall den durch seinen Stickstoffgehalt ausgezeichneten Harnstoff; fast aller N der in die Säftemasse resorbirten Zufuhren wird in Form von Harnstoff ausgeschieden. Nach Abzug des im Harnstoff ausgeführten C, H und O bleiben weitere C- und H-atome zurück, deren Oxydation ausser dem in den Eiweisskörpern bereits enthaltenen O, atmosphärisches O in Anspruch nimmt.

Die genannten Hauptbestandtheile des Körpers enthalten in 100 Theilen folgende C-, H- und O-antheile und bedürfen zu ihrer Oxydation, unter den gemachten Voraussetzungen, die beistehenden durch die Athmung zuzuführenden O-mengen.

	C	H	O	O Bedarf.
Fett	78,1	11,8	10,1	292
Fleisch	46,1	4,7	13,7	147
Stärkmehl	44,5	6,2	49,3	118

Der eingeathmete Sauerstoff wird demnach von diesen 3 Hauptgruppen von Nährstoffen in sehr verschiedenen Verhältnissen zur Kohlensäure- und Wasserbildung verwendet. Für das beim Zerfall der Kohlenhydrate entstehende Wasser reichen die H- und O-atome derselben vollständig aus, während die Eiweisskörper, vorzugsweis aber die Fette, bei ihrer Verbrennung gewisse Wassermengen bilden auf Kosten fremder O-atome. Von 100 Theilen durch die Athmung aufgenommenen O würden demnach zum Vorschein kommen in Form von C̈ bei der Oxydation der Kohlenhydrate 100, bei der des Fleisches 83, des Fettes 72 Theile (Liebig). Dulong und Despretz fanden in der That, dass der

Fleischfresser von dem beim Athmen verschwundenen O viel weniger wieder in Form von Kohlensäure ausathmet, als der Pflanzenfresser; nach Regnault und Reiset kommen im Hunde von dem absorbirten O wieder zum Vorschein in Form von Kohlensäure: bei Fettnahrung 69, Fleischnahrung 79, Amylonnahrung 91 %, wobei es sich von selbst versteht, dass bei ausschliesslicher Fettnahrung nicht bloss Fette, sondern auch andere Körperbestandtheile der Oxydation anheimfallen.

Alcoholica, auch nur in geringer Menge genossen, vermindern die Kohlensäureausscheidung erheblich (Prout, Vierordt), während die Sauerstoffabsorption wahrscheinlich steigt.

208. Athmen in fremden Gasarten.

Seit Priestley, Lavoisier und Humphry Davy wurden hierüber zahlreiche Versuche angestellt. Der Respiration gegenüber zerfallen die Gase und Gasmischungen in vier Gruppen: 1) Atmosphärische Luft. Sie allein kann anhaltend geathmet werden. Ihre Zusammensetzung darf als constant angesehen werden und selbst in geschlossenen Zimmern, in denen sich viele Menschen befinden, kann der Kohlensäureantheil nicht leicht 1 % erreichen.

Pettenkofer fand in einem Wohnzimmer ohne Ventilation 9 Zehntausendtel Kohlensäure; in Hörsälen 1—3, Schulzimmern bis 7, Wirthszimmern (nach mehrstündiger Anwesenheit der Gäste) 4—5 Theile in 1000 Theilen Luft. Sobald übrigens die Luft mehr als 2—3 pro mille Kohlensäure enthält, wird sie uns widerlich, durch beigemischte organische Ausdünstungsstoffe von unbekannter Natur.

2) Gase, die nicht positiv, sondern nur durch Sauerstoffmangel schädlich sind. Hierher gehören das Stick- und Wasserstoffgas. Beim Athmen derselben tritt sogleich Athemnoth ein, das Blut läuft venös ab aus den Lungen; nach 2—3 Minuten sind Säugethiere scheintodt. In reinem N-gas wird Kohlensäure aus dem Blut ausgeschieden, dagegen (nach älteren Angaben) N vom Blut absorbirt, aber nur kleine Mengen, wegen der geringen Absorptionsfähigkeit des Blutes für dieses Gas. Pflüger fand den N- und C̈-gasgehalt des Blutes nicht verändert, dagegen das O auf 1/8 der Norm reducirt. Aehnliche Erscheinungen bietet das Athmen von Wasserstoffgas. Das lebende Blut gibt in solche O-freie Gase kein O ab, ein bemerkenswerther Unterschied vom defibrinirten Blut, wenn dasselbe mit N oder H-gas geschüttelt wird.

3) Mischungen der Gase der zweiten Gruppe mit Sauerstoff. Wird das Stickgas der Atmosphäre durch Wasserstoffgas ersetzt, so athmen die Thiere ohne Beschwerden (Lavoisier und Seguin). Regnault und Reiset setzten Thiere viele Stunden einer solchen Mischung aus und fanden Vermehrung sowohl der O-absorption als der C̈- und N-exhalation. Das H, dessen Absorptionscoëfficient sehr gering ist, blieb nahezu unverändert. In von der Atmosphäre abweichenden Mischungen von O und N kann ebenfalls einige Zeit geathmet werden.

Das Stickstoffoxydulgas Davy's kann mit atmosphärischer Luft längere Zeit ohne Nachtheil geathmet werden. Das Athmen des reinen Gases setzt öfters Zustände

von Exaltation, rauschähnliche u. dergl. Erscheinungen. Neuerdings wird es als Anästheticum empfohlen. Nach L. Hermann (war das Gas rein?) soll es schnell asphyctisch wirken.

4) Positiv schädlich werden gewisse Gase durch verschiedene Umstände: a) Manche (namentlich Chlor, Ammoniak, salpetrige Säure) verursachen heftige Reizung der Respirationsorgane, starke Bronchialabsonderung, Husten und Stimmritzkrampf. b) Andere giftige Gase (z. B. Schwefelwasserstoffgas, Phosphorwasserstoffgas, Arsenwasserstoffgas) verbinden sich mit dem O des Blutes (resp. Hämatoglobulin's). Phosphorwasserstoffgas verwandelt sich in phosphorige Säure; das H des Schwefelwasserstoffgas verbindet sich mit O zu Wasser, unter Ausscheidung von Schwefel. c) Andere Gifte verdrängen das O, um mit dem Hämatoglobulin feste Verbindungen einzugehen. Die giftige Wirkung liegt sowohl in dieser Austreibung des O, als auch in einer eigenthümlichen Wirkung auf die Blutkörperchen (Hämatoglobulin), welche die Fähigkeit verlieren, durch O und C̈ weitere Farbveränderungen zu erleiden, d. h. als Gasträger zu dienen. Die Form der Körperchen wird dabei nicht verändert. Die giftigen Wirkungen des Leuchtgases beruhen vorzugsweis auf dessen Gehalt an Kohlenoxydgas. d) Blausäure (und die giftigen Cyanverbindungen) verbinden sich chemisch mit dem Hämatoglobulin und rauben, nach Schönbein und Preyer den Blutkörperchen ihre Fähigkeit, O in Ozon, also in den zu den Oxydationen im Thierkörper erforderlichen Zustand zu verwandeln.

Alle ozonisirenden Körper, also auch die Blutkörperchen (205) vermögen Wasserstoffsuperoxyd in Wasser und O zu zerlegen; schon der Zusatz von nur wenig Blausäure nimmt den Blutkörperchen diese Fähigkeit, welche wiederkehrt, wenn nach längerem Stehen das Gift aus dem Blut sich verflüchtigt.

Transfusion von arteriellem Blut kann in deletären Gasen Verunglückte retten. Die Kohlensäure wurde ehedem mit Unrecht zu den absolut schädlichen Gasen gezählt (209).

209. Athmen in abgeschlossener atmosphärischer Luft.

Ein specielles Interesse gewährt das Athmen in Gasmischungen, die aus O, C̈ und N, jedoch in von der Atmosphäre abweichenden Verhältnissen, zusammengesetzt sind. Man kann solche Gemische dem Thier unmittelbar bieten, oder dieselben durch den Athmungsakt selbst entstehen lassen, indem man das Thier einem abgeschlossenen Luftraum aussetzt. Im letzteren Fall gestattet das allmälige Eintreten der Luftverschlechterung sogar eine gewisse Accommodation für die fehlerhaft zusammengesetzte Luft, so dass das schon einige Zeit in dem Raum befindliche Thier erst mässige Athembeschwerden verspüren kann, wenn ein frisch eingebrachtes sogleich die heftigsten Symptome bietet.

Der Sauerstoffgehalt des Gasgemisches beherrscht den Gang der Erscheinungen. Ludwig und W. Müller liessen Thiere durch eine Luftröhrenfistel athmen, wobei die Athemprodukte abgeleitet wurden. Sie erhielten sogleich heftige Erstickungsnoth bei 3 % Sauerstoff, aber keine besonderen Erscheinungen

bei 15 %. Bei Regnault und Reiset konnte ein Kaninchen bestehen in einer, von Anfang an gebotenen, Mischung von 23 $\ddot{C}$, 31 O und 46 N.

Die abgesperrte Atmosphäre wird durch das Athmen immer reicher an $\ddot{C}$ und ärmer an O; beim eingetretenen Erstickungstod ist O fast verschwunden, wogegen $\ddot{C}$ nicht entsprechend zugenommen hat (Berthollet, Legallois). Das Blut bewahrt also seine bedeutende chemische Attraction zum atmosphärischen O, während die Organe fortfahren, dem Blut O zu entziehen. Im Blut (langsam) erstickter Thiere ist das O fast vollständig verschwunden (Setschenow) und die $\ddot{C}$ des Athemraumes beträgt dann etwa 12—18 % (Valentin).

Valentin untersuchte die allmäligen Veränderungen der abgesperrten Luft durch das Athmen. Die in gleichen Zeiten ausgeathmeten $\ddot{C}$- und verschwindenden O-Mengen nehmen in manchen Fällen stetig ab, in andern aber können sie in einer spätern Periode wieder wachsen, je nach dem Spiel der Athembewegungen, welche während der Athemnoth bei dem einen Thier häufiger, bei dem andern seltener werden. Zur Zeit der höchsten Athemnoth, in der aber noch Rettung möglich ist, zeigt nach Valentin der Athemraum 11— fast 16 % $\ddot{C}$ und $2\frac{1}{2}$—5 % O (nicht zu kleine Säugethierspecies vorausgesetzt). Der N-gasgehalt des Athemraumes scheint einen kleinen Ueberschuss ($\frac{1}{3}$—1 %) gewöhnlich zu bieten. — Es ist also bei der Athemnoth der Gaswechsel absolut bedeutend gemindert, die $\ddot{C}$-Abgabe jedoch mehr als die O-Absorption. Die praktische Medicin dürfte die fast vergessene O-Inhalation in gewissen Anfällen von Athemnoth mit Vortheil anwenden.

B. Athembewegungen.

210. Druckwechsel der Lungenluft.

Die Athembewegungen vermitteln die Ventilation der Lungenluft und unterstützen dadurch den respiratorischen Gaswechsel auf das Wirksamste. Im Verlauf der Einathmung entfernen sich die Brustwandungen immer mehr von einander und die kleineren Bronchien namentlich aber die Lungenzellen dehnen sich zunehmend aus; die Lungenluft wird dadurch dünner, so dass die dichtere äussere Luft durch Mund oder Nase nachströmt. Im Verlaufe der Ausathmung verengert sich dagegen der Brustraum, die Lungenluft empfängt von Seiten der Brustwandungen einen Druck, der grösser ist als der Gegendruck der Atmosphäre, wesshalb, unter Abnahme des Lungenvolumens, ein Theil der Luft wieder nach aussen entweicht. Dieses, mit den Bewegungen eines Blasbalges vergleichbare, abwechselnde Ansaugen und Austreiben von Luft ist verbunden mit Verschiebungen der Lungen an der Brustwand, und zwar in senkrechter und horizontaler Richtung. Daher verdecken bei tiefer Einathmung die vorderen Lungenränder den Herzbeutel fast vollständig.

Die mit den Athembewegungen wechselnde Spannung der Lungenluft wird gemessen mittelst des Manometers, einer U-förmig gebogenen Glasröhre, deren einer (innerer) Schenkel in ein elastisches Rohr übergeht, das in ein Mundstück endet, welches luftdicht auf den Mund gesetzt wird. Beide Schenkel enthalten Quecksilber bis zu einer gewissen Höhe. Beim Ausathmen ist der

Druck positiv, d. h. grösser als der Atmosphärendruck; das Hg steigt im äussern Schenkel, während es ebensoviel im innern Schenkel fällt, der senkrechte Abstand beider Hg-niveaux gibt den Ausathmungsdruck an. Beim Einathmen ist der Druck negativ; das Hg steigt im inneren und sinkt im äusseren Schenkel. Bei schwachen Athembewegungen betragen die in- und exspiratorischen Druckunterschiede bloss etwa 2—3 Millimeter Hg (Valentin); sehr starke Ausathmungsanstrengungen können aber das Hg auf 80, 100 und mehr Millimeter heben; die entsprechenden Inspirationswerthe sind dagegen etwas geringer.

Dieses Verfahren, welches weder den Ein- noch Austritt der Luft gestattet, gibt nur vergleichsweis brauchbare Resultate. An Thieren hat Valentin das Manometer seitlich in die Luftröhre eingesetzt.

211. Elasticität der Lungen.

Eine wesentliche Rolle bei den Athembewegungen spielt die Lungenelasticität. Die Wandungen der luftführenden Canäle befinden sich ununterbrochen in einem Zustand von Spannung; sie müssen also beständig sich zusammenzuziehen streben. Dringt eine Brustwunde im Lebenden oder Todten bis in die Pleurahöhle, so sinkt der entsprechende Lungenflügel zusammen und treibt vermöge seiner, in Anspruch genommenen Elasticität die enthaltene Luft aus. Bei unversehrter Brustwand wird das Zusammenfallen der Lungen verhütet durch den von Mund und Nase her einseitig wirkenden Luftdruck, welcher die Aussenfläche der Lungen gegen die Brustwand drückt. Nach Eröffnung des Thorax aber wird dieser Druck aufgehoben durch den, auf die Aussenfläche der Lungen wirkenden gleichstarken Luftdruck, so dass nunmehr die Elasticität des Gewebes allein in Wirkung kommt.

Befestigte Carson ein Manometer in die Trachea des Leichnams, so wurde durch das Zusammensinken der Lungen das im Manometer befindliche Wasser um etwa 1 Fuss gehoben. Donders erhielt etwas niederere Werthe; hatte er die Lunge in das Maximum ihrer Füllung gebracht, so konnte sie bei ihrer Zusammenziehung einen Druck von 18 und mehr M. m. Hg ausüben.

Die Inspiration ist begleitet von stärkerer Dehnung der Wandungen der luftführenden Canäle und zwar in den feineren Bronchien in relativ höherem Grad als in den grösseren, in den Lungenzellen verhältnissmässig am meisten. Bei der Ausathmung aber geben die gedehnten Wandungen den Druck wieder zurück, und tragen dadurch wesentlich bei zur Austreibung der Luft.

212. Rhythmik der Athembewegungen.

Die Zahl der Athemzüge, sog. Athemfrequenz beträgt bei vollkommener Körperruhe durchschnittlich 12 in der Minute; sie kann aber in zahlreichen Körperzuständen bedeutend zunehmen (s. Physiol. des Gesammtorganismus).

Die Respirationsfrequenz 12 setzt vollkommene Körperruhe, Abwesenheit aller, Hals, Brust oder Bauch auch nur im geringsten beengenden Kleidungsstücke, sowie unbefan-

genes Athmen voraus. Die Meisten athmen häufiger, sowie sie wissen, dass ihre Respiration beobachtet wird. Aus Obigem erklären sich viele, das richtige Maass allzuweit überschreitende Angaben über normale Respirationsfrequenz.

Zur Ermittelung der Zeitverhältnisse der Athembewegungen benutzte Vierordt das graphische Verfahren. Der eine Arm eines 2armigen Hebels wurde auf das Abdomen gelegt, während der andere, etwas längere Arm, dessen Ende mit einem Pinsel versehen war, die respiratorischen Bauchbewegungen (schwach vergrössert) auf das Kymographion verzeichnete. Zur Untersuchung der schwachen Athembewegungen kleiner Thiere diente der Sphygmograph. Die Athembewegung im Zustand vollkommener Körperruhe zerfällt in 4 Stadien: 1) Einathmung, 2) Einathmungspause (nur selten vorhanden), 3) Ausathmung, 4) Ausathmungspause; diese nimmt etwa $^1/_5$ der Dauer eines ganzen Athemzuges ein; sie fehlt immer beim frequenteren Athmen.

Die auf einander folgenden Athembewegungen variiren bezüglich ihrer Dauer im Ruhezustand des Körpers etwa um das zweifache, viel mehr aber beim Sprechen und Vorlesen. Wird die Zeit der Einathmung = 10 gesetzt, so beträgt die der Ausathmung (sammt Pause) 14 bis 24; im ersten Fall heissen die Athemzüge »träge«, im zweiten (also mit relativ kurzen Inspirationszeiten) »schnelle«. Mit Abnahme der Athemfrequenz werden die Athemzüge »schneller«. Die Höhen der Athemcurven einer Versuchsreihe variiren in der Körperruhe etwa um 70 %, viel stärker aber beim Sprechen und Vorlesen.

213. Mengenverhältnisse der Athem- und Lungenluft.

Eine Ausathmungsbewegung im Zustande des ruhigen, unbefangenen und daher seltenen und relativ tiefen Athmens fördert etwa 500 Cubikcentimeter Luft (reducirt auf Körperwärme und Barometermittel) hervor. Diess gibt, bei 12 Athemzügen in 1 Minute 6000, in 24 Stunden 9—10 Millionen C. C. M. (für letztere Zahl eine ruhige Lebensweise und ungefähr eine Ausgleichung der stärkeren Athemvolume bei Bewegungen durch die geringeren Werthe während des Schlafes vorausgesetzt.)

In 24 Stunden werden nach Scharling ausgeathmet 443000 C. C. M. Kohlensäure; der mittlere Kohlensäuregehalt der Athemluft beträgt 4,3 %; was wiederum etwas über 10 Millionen C. C. M. Athemluft in 24 Stunden ergibt.

Inspirirt man ein, der mittleren Einathmungsgrösse entsprechendes Volum Wasserstoffgas (also 500 C. C. M.), so gibt die nächste Ausathmung nach Gréhant etwa $^1/_3$ des H wiederum heraus.

Ausserdem kommt in Betracht die Luftfüllung der Lungen und zwar:

1) Die Luftfüllungen in den einzelnen Körperzuständen, wie Ruhe, Bewegung, Verdauung u. s. w. Man vollbringt, nachdem eine dem Zustand entsprechende Inspiration vorangeschickt wurde, eine möglichst starke Exspiration. Das so erhaltene Luftvolum beträgt etwa 1800 C. C. M. Dazu kommt noch, da die Lungen bei weitem nicht entleert werden können, die sog. Residualluft, welche nach Gréhant etwa 1700 C. C. M. beträgt (Mund-, Nasen- und Rachenluft mit eingerechnet).

Gréhant vermischt ein bekanntes, mit dem Mund durch eine Röhre verbundenes Volum H-gas, z. B. 1000 C. C. M. gleichförmig mit der Lungenluft, was nach 5 Ein- und Ausathmungen in den H-Gasraum erzielt ist, und berechnet, nach dem H-gehalt des Gasraumes das Luftvolum des gesammten Athmungsapparates. War z. B. der H-gehalt 25 %, so hat man 25 : 100 = 1000 : x (4000), also 3000 C. C. M. Lungenluft. Dabei wird natürlich vorausgesetzt, dass H-gas nicht in erheblicher Menge in's Blut übergeht.

2) Maximalfüllung (sog. Vitalcapacität Hutchinson's). Man lässt möglichst tief inspiriren und dann ebenso stark exspiriren. Ein mittelgrosser Mensch fördert dabei 3200 C. C. M. hervor; die Residualluft mitgerechnet würde die Maximalfüllung des Respirationsapparates etwa 4900 C. C. M. betragen.

Je geringer das Athembedürfniss gerade ist, desto mehr entfernt sich der Luftvorrath im Respirationsapparat von der Maximalfüllung; so namentlich im Schlaf, bei Körperruhe. Beim lauten und anhaltenden Sprechen dagegen erreichen viele Inspirationen die Maximalfüllung; dasselbe ist der Fall in gewissen Zuständen krankhafter Athemnoth.

Die gewöhnlichen Füllungsgrade der Lungen (die für Physiologie und Pathologie gerade das meiste Interesse haben) sind an einer grösseren Zahl von Menschen kaum zu bestimmen, weil fast Alle bei solchen Versuchen tiefer als gewöhnlich athmen. Maximalfüllungen liefern übrigens vergleichbare Werthe; Hutchinson hat gezeigt, dass eine Reihe von physiologischen und pathologischen Zuständen hier maassgebend ist. Den grössten Einfluss übt die Körperlänge (593).

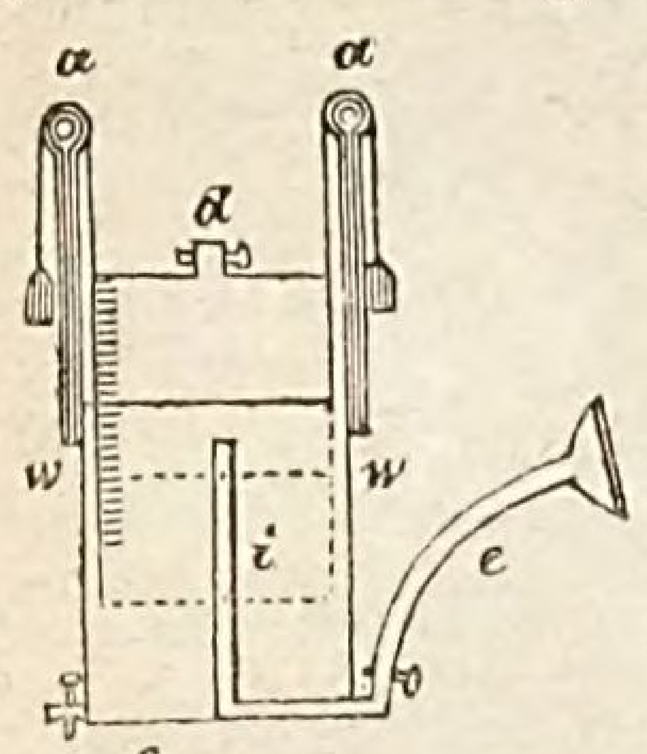


Fig. 48.

Hutchinson's Apparat (Spirometer), zur Ansammlung der Athemluft ist (Fig. 48) ein einfacher Gasometer. In dem unten geschlossenen Cylinder *c* steckt der oben geschlossene, unten offene Cylinder *d*. Der Apparat ist bis *w* mit Wasser gefüllt, über welches Röhre *i* hervorragt, die in die mit einem Mundstück versehene elastische Röhre *e* übergeht. Die durch *e i* eingetriebene Ausathmungsluft erhebt den Cylinder *d*, an dessen Scala die Luftvolume, nach Abschluss von *e* durch den Hahn, abgelesen werden. Gleichheit der Spannung der Spirometerluft und der Atmosphäre wird erhalten durch 2 an Schnüren hängende Gewichte, die über die Rollen *a* geschlagen sind.

214. Respiratorische Formänderungen des Thorax.

Der Thorax erweitert und verengert sich nach allen Richtungen: 1) Längsdimension. Zur inspiratorischen Vergrösserung des Brustraumes in der Richtung von oben nach unten dient das Zwerchfell, welches, während der Einathmung thätig, nach abwärts und vorwärts sich bewegt. Während der Ausathmung rückt das Zwerchfell passiv wieder aufwärts. 2) Die beiden anderen Dimensionen, d. h. der horizontale Querschnitt des Thorax, werden verändert durch die Rippenbewegungen. Die Rippen sind mit den Brustwirbeln durch zwei, eine sehr mässige Beweglichkeit gestattende Gelenke, die Knorpel der wahren Rippen mit dem Brustbein durch straffe Gelenke verbunden. Die falschen Rippen hängen nur mittelbar mit dem Brustbein zusammen, die zwei untersten sind ganz frei. Für die Ausgiebigkeit dieser Bewegung ist die Elasticität der Rippenknorpel wichtiger, als die Articulationen der Rippen mit dem Brustbein.

Die Rippen drehen sich um eine durch ihre beiden hinteren Articulationen,

also von innen und vorn nach aussen und hinten gelegte Axe (Helmholtz); das Vorderende der Rippen liegt tiefer als diese Axe und ist weit von letzterer entfernt. Desshalb kann, wenn man die Rippen vom Brustbein trennt, schon eine kleine Drehung um genannte Axe die vorderen Rippenenden 1) verhältnissmässig stark heben und 2) zugleich von der durch den Thorax gelegten Medianebene entfernen. Bei der Verbindung aber der Rippen mit dem Brustbein ist die (unter 2) erwähnte Bewegung nicht möglich, wohl aber die Erhebung der Rippen, so zwar, dass sie während der Inspiration grössere Kreise um den Thorax beschreiben. Diese Bewegungen übertragen sich auf das Brustbein, welches nach vorn und etwas nach aufwärts steigt. Dabei findet eine Torsion der Rippenknorpel statt, deren Elasticität die exspiratorische Senkung zu unterstützen vermag.

Die falschen Rippen, sowie die mit langen Knorpeln versehenen untersten wahren, sind von den Bewegungen des Brustbeins unabhängiger; die inspiratorische Erhebung und exspiratorische Senkung ihres Vorderendes ist gering, stärker dagegen die Auswärts- und Einwärtsbewegung in mehr horizontaler Richtung. Die Erweiterung der einzelnen Rippenringe erfolgt somit bei den oberen Rippen mehr durch Drehung, wobei sich der untere Rippenrand etwas mehr nach auswärts, der obere nach einwärts bewegt; bei den unteren Rippen dagegen mehr durch einfaches Auseinanderweichen.

215. Athmungsmuskeln.

I) Einathmungsmuskeln: Die erste Stelle behauptet das Zwerchfell, dessen Abflachung zunächst die Längsdimension des Brustkorbes vergrössert. Zugleich nimmt sowohl die Wölbung des Bauches als der Druck auf die Baucheingeweide zu. Da der Lendentheil des Zwerchfells unverrückbar von den Lendenwirbelkörpern entspringt, der Rippentheil dagegen von den nachgiebigen 6 untern Rippen, so werden durch den Druck der Baucheingeweide die unteren Rippenringe erweitert und zugleich etwas erhoben. Schneidet man bei unversehrter Bauchhöhle die oberen Rippenringe weg, so nimmt nach galvanischer Reizung des Zwerchfells oder der Nervi phrenici die untere Apertur des Rippenkorbes zu. Reizte Duchenne mittelst der Schläge der Inductionsmaschine beide N. phrenici am Menschen (sie sind dem Strom zugänglich am äusseren Rand des Sternocleidomastoideus, oberhalb des Omohyoideus), so erweiterte sich die untere Thoraxapertur unter einem, durch den schnellen Lufteintritt verursachten, seufzenden Geräusch.

Nach Entfernung der Baucheingeweide fällt die besprochene Wirkung weg und die Zwerchfellthätigkeit führt zu einer Verkleinerung der unteren Thoraxapertur.

Ueber die Rolle der Intercostalmuskeln besteht ein alter Streit. Bei Atrophie des Diaphragma bewirken die Intercostalen die erforderlichen Rippenbewegungen. Wahrscheinlich verdient die, schon von Haller vertretene, Ansicht den Vorzug, welche die äusseren und inneren Intercostalen als Inspira-

toren betrachtet. Diese Muskeln haben noch die Aufgabe, die Rippenzwischenräume (beim Bauchathmen) nahezu constant gross zu erhalten. Die Levatores costarum, deren Fasern denen der M. m. intercostales ext. gleichgerichtet sind, dienen der Einathmung.

Bei der gewöhnlichen, d. h. oberflächlichen und langsamen Einathmung kommt (namentlich beim Manne) nur das Zwerchfell in mässige Contraction. Die Wirkung ist dann eine geringe Erweiterung der unteren Rippenringe und eine mässige Anschwellung des Bauches. Die Erweiterung der unteren Rippenringe erfolgt aber nicht gleichmässig nach den zwei Hauptrichtungen: vorn-hinten und rechts-links; ein Gegensatz, der besonders beim tiefen und zugleich schnellen Einathmen hervortritt. Entweder wir vergrössern ganz vorzugsweise den Rechts-links-Durchmesser der unteren Apertur des Brustkorbs, wobei das Abdomen plötzlich abschwillt; oder wir vergrössern mehr den Thoraxdurchmesser von vorn nach hinten, unter gleichzeitiger bedeutender Anschwellung des Bauches. Ersteres wird gewöhnlich als Brustathmen, letzteres als Bauchathmen bezeichnet. Bei jenem sind die Intercostalmuskeln, bei diesem das Zwerchfell vorwiegend betheiligt. Beide Arten des Athmens wechseln vielfach je nach Körperstellung, Kleidungsweise u. s. w.

Beim keuchenden Athmen und in Zuständen von Athemnoth greifen zahlreiche anderweitige Muskelkräfte als Inspiratoren ein. Bei fixirter Wirbelsäule heben die Scaleni die zwei obersten Rippenpaare, die Serrati postici superiores die zweite bis fünfte Rippe. Bei fixirtem Kopf kann der Sternocleidomastoideus Sternum und Clavikel etwas in die Höhe ziehen; nach Fixation der Schulterblätter können die (unteren Zacken der) Serrati antici majores, die Pectorales minores und Subclavii, und nach Fixation der hoch erhobenen oberen Extremitäten die untere Portion der Pectorales majores zunächst ihre zugehörigen Rippen heben. In solchen Fällen wird jede Muskelfaser verwendet, welche zur Raumerweiterung des Thorax beitragen kann, und zwar selbst von solchen Muskeln, deren vorwiegende Faserzahl nicht in dieser Weise wirkt. Diese letzteren Fasern bleiben dann natürlich unthätig.

II) Ausathmungsmuskeln. Die gewöhnliche ruhige Ausathmung erfolgt ohne aktive Muskelbetheiligung. Das Einathmen nahm zahlreiche Federkräfte in verstärkten Anspruch; vorzugsweis das Lungengewebe (211), die Baucheingeweide, Rippen und Rippenknorpel (214). Mit Nachlass der Zwerchfellthätigkeit müssen die elastischen Kräfte dieser Theile rückwirken; es erfolgt eine langsame und mässige Verkleinerung des Thoraxraumes nebst passivem Aufwärtsdrängen des Zwerchfells.

Bei tieferen oder hastigeren Ausathmungen wirken aktiv die Muskeln der Bauchwand, namentlich die M. m. obliqui, transversus, rectus und quadratus lumborum. Unter den Rückenmuskeln wirkt besonders der Serratus posticus inf. exspiratorisch, der die 4 unteren Rippen herabzieht.

216. Athemnerven und deren Centralorgan.

I. Das Zwerchfell steht unter dem Einfluss des N. phrenicus (Hauptquelle: 4. Cervicalnerv). Durchschneidung beider Phrenici veranlasste starke Athembeschwerden; sie kann jedoch nach Budge von Kaninchen ohne lethale Folgen ertragen werden; das Zwerchfellathmen hört nunmehr auf, und die Intercostalmuskeln heben den Brustkorb stärker. Die Intercostal- und Bauchmuskeln werden von den thoracischen Rückenmarksnerven versorgt.

II. Die Nerven der Respirationsorgane stammen vom Vagus, Accessorius und Sympathicus. Die Vagusfasern sind sensibel, die des Acces-

sorius (der seinen inneren Ast an den Vagus abgibt), motorisch. Der N. laryngeus superior Vagi ist vorzugsweis sensibel, er versorgt ausser der Kehlkopfschleimhaut nur den M. cricothyreoideus. Die Schleimhaut des Kehlkopfes ist in der Regel so empfindlich, dass alles andere, ausser der Atmosphäre, Reizung und dadurch reflectorische Hustenbewegungen verursacht. Der vorzugsweise motorische N. laryngeus inferior (Recurrens) beherrscht die übrigen Kehlkopfmuskeln. Die Trachea empfängt Vagus- und Sympathicusfasern. Die Lungenzweige des Vagus bilden jederseits einen Plexus pulmonalis, der Zweige erhält aus dem oberen Brust- und unteren Halstheil des sympathischen Grenzstranges. Die Zweige des Lungengeflechtes begleiten zunächst die Lungengefässe, deren Lichtungen sie beherrschen; auch versorgen sie die Schleimhaut und Bronchialmuskulatur.

III. Das Centralorgan der Athembewegungen: Dasselbe liegt, wie Legallois zeigte, im verlängerten Marke, hinter der Austrittsstelle der Nervi vagi, zu beiden Seiten der hinteren Spitze der Rautengrube. Verletzung des Respirationscentrums in der Medulla oblongata vernichtet die Athembewegungen sogleich. Theilt man das verlängerte Mark in 2 symmetrische Hälften, so dauern die Athembewegungen noch fort, jede Körperseite hat also ihr eigenes Respirationscentrum (Volkmann). Dagegen kann man das grosse und kleine Hirn schichtweis abtragen ohne Vernichtung der Athembewegungen (kopflose Missgeburten können Athembewegungen ausführen); ferner lässt sich das Rückenmark von unten an schichtweis durchschneiden und damit nur die Athembewegungen der von den betreffenden Rückenmarksnerven versorgten Stammmuskeln vernichten.

Nach Durchschneidung eines Seitenstranges im obersten Cervicaltheil des Rückenmarkes sollen nach Bell und Schiff die Athembewegungen der Muskeln derselben Seite, also auch der betreffenden Hälfte des Zwerchfells, aufhören. Diese Forscher betrachten demnach die Seitenstränge des Rückenmarks als Leitbahnen für die Athembewegungen. Diese Angaben erfuhren Widerspruch; Vulpian gibt bloss eine mässige Beeinträchtigung der Athembewegungen für den Fall zu, dass sie vorher schwach waren; das Zustandekommen angestrengter Einathmungsbewegungen werde in Folge der Trennung der Seitenstränge nicht wesentlich gehemmt.

Reizung des verlängerten Markes mindert, ähnlich wie die im nächsten § erwähnte Durchschneidung der N. n. vagi, die Zahl der Athemzüge. In gleicher Weise wirkt der Hirndruck; er kann die Athembewegungen auf die Hälfte und noch stärker herabsetzen.

Hegelmaier comprimirte durch eine Trepanöffnung das Hirn von Kaninchen und fand während des Bestehens des Druckes im Vergleich zu den normalen Athembewegungen ausser der Minderung der Athemfrequenz: 1) geringe Schwankungen der Dauern der einzelnen Athemzüge, 2) grössere Schwankungen der einzelnen Inspirationszeiten, geringere dagegen der einzelnen Exspirationszeiten und 3) »schnellere« Athemzüge, d. h. solche mit relativer Präponderanz der Exspirationsdauern, wogegen die seltenen Athemzüge nach Durchschneidung der Vagi »träge« Inspirationen zeigen.

Figur 49 stellt nach Hegelmaier in *a* normale Athemcurven eines Kaninchens dar, in *b* solche während des Hirndruckes, in *c* unmittelbar nach Aufhören des Druckes, wobei die Athemzüge an Zahl schnell wieder zunehmen.

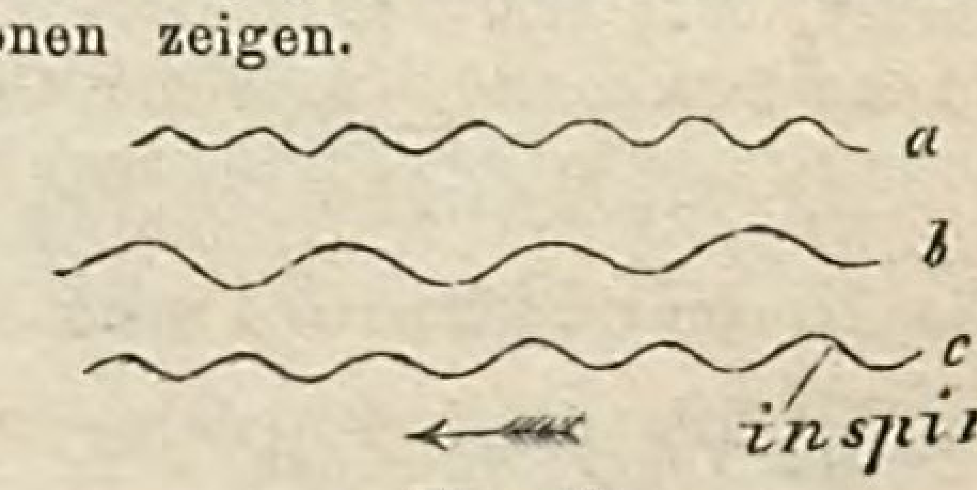


Fig. 49.

217. Durchschneidung der Nervi vagi.

Nach Durchschneidung beider Vagi am Hals sinkt die Zahl der Athemzüge bedeutend (Valsalva) und zwar anfangs etwa auf die Hälfte, später selbst auf $^1/_3$—$^1/_4$ der Norm. Die Inspirationen sind tief, langsam, mühsam und pfeifend, die Exspirationen dagegen sehr kurz, die Exspirationspausen lang.

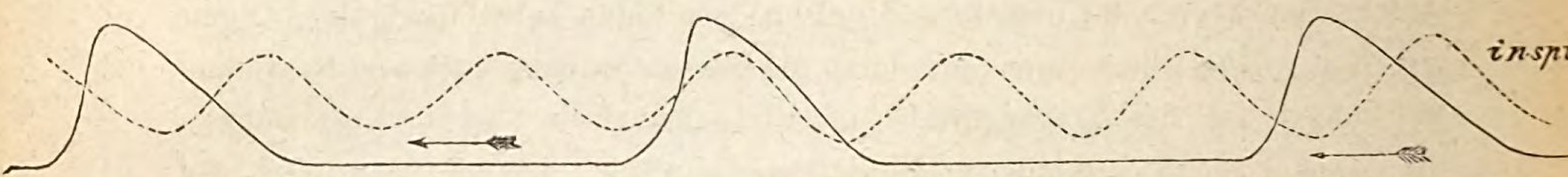


Fig. 49a.

Die punktirte Linie, Fig. 49a stellt normale Athemcurven eines Hundes dar, die ausgezeichnete dagegen solche, 96 Stunden nach Durchschneidung der Vagi, kurz vor dem Tode.

Das Blut wird in Folge der gestörten Athembewegungen dunkeler; sonst lebhaft rothe Theile, wie die Lippen, färben sich bläulich; die Körperwärme sinkt stark; die Thiere bieten, wenigstens äusserlich, alle Zeichen der Athemnoth. Die geathmete Luftmenge nimmt in der ersten Zeit nach der Vagustrennung nicht ab, da die Tiefe der Athembewegungen ersetzt, was an Frequenz verloren geht (Rosenthal). Auch ist der Chemismus der Respiration anfangs nicht wesentlich gestört (Voit), später aber nimmt die C̈-Ausscheidung ab, die O-Absorption aber viel weniger (Valentin). Jüngere Kaninchen und Hunde gehen schon nach 1 Tag, ältere nach 2—6 Tagen zu Grunde. Durchschneidung eines Vagus ist nicht tödtlich; dagegen tritt der Tod auch dann ein, wenn auf der anderen Seite die Trennung erst 4 Wochen später geschieht. Die Section ergibt in beiden Lungen verbreitete Blutüberfüllung verschiedenen Grades; grössere und kleinere Blutergüse veranlasst durch Gefässberstung, pneumonische Infiltration und, in Folge der tiefen Einathmungen, durch Berstung übermässig gedehnter Lungenalveolen entstandenes, interlobuläres Emphysem.

Die doppelte Vagustrennung am Hals lähmt auch die unteren Kehlkopfnerven, also nahezu alle Kehlkopfmuskeln, namentlich die Erweiterer der Stimmritze, wesshalb die Stimmbänder zusammenfallen und die Stimmritze bedeutend verengt wird. Dadurch wird das Einathmen in hohem Grade mühsam. Legt man gleichzeitig eine Trachealfistel an, welche den Luftzutritt zu den Lungen direkt gestattet, so sind die Athembeschwerden zwar geringer, die Athemzüge aber nichts desto weniger seltener, obschon nicht in dem Grade, wie bei der gewöhnlichen Vagustrennung. Die Thiere gehen aber auch nach Anlegung der Fistel an der Lungenaffection zu Grund.

Durchschneidung der unteren Kehlkopfnerven führt zu den Kehlkopfwirkungen der Vagustrennung. Die Athembewegungen erfolgen in den meisten Thieren mühsam, aber ohne die, die Vagustrennung charakterisirenden, langen Pausen zwischen den Athemzügen. Hunde und Kaninchen leben unter Umständen wochenlang fort; die letzteren athmen in der Ruhe sogar ohne Schwierigkeit; erst wenn sie aufgeregt werden, oder sich bewegen, wird ihr Athem röchelnd (Panum). Dagegen sterben junge Katzen fast sogleich nach der Operation an Erstickung und die nächste Gefahr der Recurrenstrennung kann nur abgewandt werden durch vorheriges Anlegen einer Trachealfistel. Die Wirkung der Recurrensdurchschneidung hängt demnach vom Bau der Stimmritze ab. Die Lungenaffection tritt nicht oder nur in untergeordnetem Grade ein nach dieser Operation.

Im Vogel wird der obere Kehlkopf vom Glossopharyngeus und 2 hoch oben ab-

gehenden Vaguszweigen, der untere Kehlkopf vom Hypoglossus versorgt. Die doppelte Vagustrennung am Hals lähmt also bloss die Lungenäste; die Störungen sind dann gering und die Lungenaffection fehlt, wohl aber tritt letztere ein, wenn zugleich die Nerven des oberen Kehlkopfes durchschnitten werden (Boddaert).

Obige, theilweis sich widersprechenden Erfahrungen gestatten keine befriedigende Erklärung der durch die Vagustrennung bewirkten Lungenaffection. Die Trennung der Lungenzweige der N. n. vagi lähmt die Bronchialmuskeln und beeinträchtigt dadurch die Lungenelasticität; ferner lähmt sie die vasomotorischen Nerven der Lungen und bedingt somit eine Ueberfüllung der Lungen mit Blut. Möglicherweis werden durch die Nerventrennung auch sog. trophische Wirkungen auf das Lungengewebe beseitigt; jedenfalls aber sind die Lungen in einem Zustand geminderter Widerstandsfähigkeit; kommt dazu noch die mechanische Athembehinderung von Seiten des Kehlkopfes, so kann die Lungenalteration um so leichter auftreten.

Andeutungen von, durch die Gefässnerven (145) vermittelten »Athembewegungen« des Gefässsystemes haben Traube und E. Hering entdeckt. Die Vergiftung mit Curare vernichtet die Athembewegungen, also auch deren Einfluss (144) auf den arteriellen Blutdruck, während die Herz- und Gefässmuskeln nicht gelähmt werden. Gleichwohl zeigt das curarisirte Thier, dessen N. vagi durchschnitten wurden, wenn durch periodisches Einblasen von Luft in die Trachea der respiratorische Gaswechsel in mässigem Grade unterhalten wird, ein abwechselndes Steigen und Sinken des arteriellen Blutdruckes, in Folge einer periodischen Zu- und Abnahme der Thätigkeit der Gefässmuskeln. Die Anregung zu dieser rhythmischen Bewegung geht wahrscheinlich von Wechselzuständen des verlängerten Markes, als Respirationscentrum, aus.

218. Reizung der Nervi vagi.

Reizt man die, weit unten am Halse durchschnittenen Vagi unterhalb der Schnittstelle mittelst der Schläge der Inductionsmaschine, so verändern sich die Athembewegungen nicht. Dagegen bewirkt nach Traube Reizung der centralen Vagusstümpfe einen Tetanus der Einathmungsmuskeln, vor Allem des stark nach abwärts tretenden Zwerchfells; ein Zustand, der bei fortgesetzter Reizung unter Umständen über $^1/_2$ Minute dauert. Die Ausathmungsmuskeln sind gleichzeitig erschlafft. Schwächere Ströme machen bloss die, in Folge der Vagustrennung seltenen, Athembewegungen frequenter. Demnach wird vom Vagus aus der Reiz zum Respirationscentrum geleitet, wo derselbe umschlägt in eine Erregung der Nerven der Einathmungsmuskeln, die bei einer gewissen Reizgrösse sogar in Tetanus verfallen.

Der N. laryngeus sup. theilt sich in einen inneren, die Kehlkopfschleimhaut versorgenden und einen äusseren, zum M. cricothyreoideus tretenden Ast. Stärkere Reizung des centralen Stückes des durchschnittenen N. laryngeus superior (am Besten im narcotisirten Thier) versetzt auf reflectorischem Wege das Zwerchfell auf kurze Zeit in Erschlaffung und die Ausathmungsmuskeln in stossweise oder stetige Contraction. Auch treten die Stimmbänder einander bis zum Verschluss der Glottis entgegen. Minder starke Reizung des N. laryng. sup. macht die Athemzüge seltener und tiefer. Aehnliche Wirkungen hat die Reizung der Vagi hoch oben, über oder doch in der Nähe der Abgabe

des Laryngeus inferior. Reizung der Kehlkopfschleimhaut, namentlich des unteren Theiles derselben, veranlasst Ausathmungsbewegungen (Husten s. 220), welche ausbleiben nach Trennung beider N. n. laryngei sup.

Die Thatsachen dieses und des vorigen § zeigen, dass der N. vagus einen wesentlichen modificirenden Einfluss ausübt auf die Athmungsrhythmik.

219. Ursachen der Athembewegungen.

Man leitete das Spiel der Athembewegungen (welche in der Regel unwillkürlich erfolgen) früher von den mit dem Chemismus der Respiration zusammenhängenden Wechselzuständen der Lungen ab und glaubte, dass der Gaswechsel im Athemorgan eine anwachsende Erregung der Vagi bedinge, die, nach dem Respirationscentrum fortgeleitet, daselbst in eine reflectorische Einathmung umschlage (Hall). Gegen diese Auffassung der Athembewegungen als vom Vagus eingeleitete Reflexbewegungen spricht schon das Fortbestehen derselben nach Trennung der Vagi oder nach völliger Ausschneidung der Lungen. Andere wollten den Vorgang allgemeiner auffassen: das verlängerte Mark als Centrum der Athembewegungen soll von allen Körpertheilen durch die Nervenbahnen beständig Erregungen empfangen, welche in rhythmische reflectorische Reizungen der Nerven der Inspirationsmuskeln umschlagen. Da aber die Athembewegungen noch fortbestehen, wenn man die meisten Nerven ausser Verbindung mit dem Athmungscentrum setzt, also z. B. nach Quertrennung des Rückenmarkes in der unteren Halsgegend, so ist auch diese Ansicht nicht haltbar.

Die nächste Ursache derselben und deren Periodicität liegt in Wechselzuständen des nervösen Respirationscentrum's, wo der wechselnde Gehalt des zuströmenden Blutes an Kohlensäure und an Sauerstoff allmälig Reize auslöst, welche, je nach der »Stimmung« des Athemcentrums selbst, schneller oder langsamer in periodische Erregungen der Ein- und Ausathmungsnerven umschlagen. Wahrscheinlich wirkt sowohl O-Mangel, als C̈-Ueberschuss reizend auf das Athmungscentrum. Beim Athmen in N-gas wirkt der O-Mangel des Blutes reizend; lässt man O mit viel C̈ vermischt athmen, so folgen wiederum heftige Athembewegungen, wobei im Blut O nur etwas, C̈ aber bedeutend zunimmt (Pflüger).

Ventilirt man, mittelst künstlicher Athmung die Lungenluft übermässig, so werden nach Rosenthal die Zwerchfellsbewegungen immer schwächer und hören schliesslich, im Kaninchen 5 Minuten lang und darüber, in der Katze etwa 1 Minute, ganz auf. In diesem Zustand ist nach Hering der O-gehalt des Blutes nicht vermehrt, die C̈ aber bedeutend vermindert; beide Incitamente der Einathmungsbewegungen sind also hier in Wegfall gebracht.

Unter den entfernten Ursachen, welche die Frequenz und Rhythmik der Athemzüge abändern, sind hervorzuheben 1) der Wille; die Nerven der Athemmuskeln sind ausnahmslos Hirn- und Rückenmarksnerven. 2) Reflexe auf die Athemmuskeln; eine Menge von Reizen sensibeler Nerven setzen reflektirte

Einathmungen (z. B. kaltes Wasser, Kitzeln der Haut) oder reflektirte Ausathmungen (s. 220), oder kräftigere und beschleunigte Athembewegungen überhaupt (z. B. Schmerzen), oder endlich geminderte Athembewegungen, z. B. die mässige Reizung des N. laryngeus superior (218).

220. Specifische Athembewegungen.

Hieher gehören zahlreiche Modifikationen der Athembewegungen in gesunden wie kranken Zuständen, zum Theil veranlasst durch specifische Ursachen und verbunden mit mehr oder minder starken Abänderungen des Athemrhythmus. Dieselben erfolgen mit oder ohne Willensbetheiligung.

I. Wesentliche Exspirationsakte. 1) Husten. Er besteht in der Regel aus mehreren, kurzen, stossenden Ausathmungen, wobei die Luft unter schallendem Geräusch ausgetrieben wird. Er erfolgt sogleich nach Reizung der Kehlkopfschleimhaut, z. B. durch fremde Körper. 2) Niesen. Meist geht voran ein Kitzelgefühl in der Nase und eine tiefere Einathmung, welcher eine kräftige Ausathmung nachfolgt. Diese treibt die Luft heftig durch die Nase und reisst dort angesammelten Schleim unter Geräusch mit sich fort. 3) Das Lachen ist in seinem höherem Grade verbunden mit schnell auf einander folgenden kurzen stossenden Ausathmungen, zu denen sich eigenthümliche in der Stimmritze gebildete Töne gesellen, bei in der Regel gleichzeitiger Oeffnung des Mundes.

4) Schneuzen. Durchtreiben eines kräftigen Luftstromes durch die Nase zur Entleerung des angesammelten Schleimes. 5) Räuspern. Der Luftstrom wird schnell und kräftig in den Pharynx und Hintermund getrieben, wobei die Wandungen dieser Theile in Erschütterung gerathen und anhaftenden Schleim abstossen helfen. 6) Gurgeln. Flüssigkeiten werden bei zurückgebeugtem Kopf in den Hintermund gebracht und, bei zugleich verengter Rachenöffnung, durch schnell aufeinander folgende kurze Ausathmungen in Bewegung gesetzt, wobei die durchtretenden Luftblasen ein Geräusch bewirken. Der Wasserabfluss in Pharynx und Larynx wird durch den von unten kommenden kräftigen Luftstrom verhütet.

II. Reine Inspirationsakte. 7) Schluchzen. Abgebrochene, kurze, heftige, durch das Zwerchfell vermittelte Einathmungen, vereinzelt oder in Absätzen aufeinander folgend. Das plötzliche Eindringen von Luft in den Kehlkopf bedingt das eigenthümliche Geräusch.

III. Combinationen von Ein- und Ausathmungen. 8) Gähnen. Eine tiefe und langsame Einathmung mit nachfolgender, oft lauter Ausathmung. Der Mund wird meist weit geöffnet und die Muskeln am Boden der Mundhöhle vermitteln ein eigenthümliches Gefühl. 9) Seufzen. Langsame, tiefe, meist durch den Mund erfolgende Einathmung, mit ebenso beschaffener und von einem eigenen Ton begleiteter Ausathmung.

Bemerkenswerth ist die so häufige Verbindung der unter 3, 7, 8 und 9 genannten Bewegungen mit gewissen Seelenstimmungen.

C. Perspiration und Schweissbildung.

221. Perspiration.

Die allgemeinen Bedeckungen vermitteln einen Gaswechsel mit der Atmosphäre, welcher der Lungenrespiration verglichen werden kann. Die Cutis gibt nämlich her 1) grosse Mengen Wassergas; bei mittlerer Temperatur und mässig bewegtem Leben, ungefähr das Doppelte des Respirationswassers, d. h. 660 Gramme täglich. 2) Etwas Kohlensäuregas; nach Scharling $^1/_{50}$, nach Regnault (der nur an Thieren experimentirte) etwa $^1/_{100}$, nach Reinhard (bei niederer Temperatur 16° C.) bloss $^1/_{400}$. Den beiden letzteren Angaben zufolge würden die 24stündigen absoluten Werthe bloss 9, resp. 2,3 Gr. betragen. 3) Vielleicht auch höchst geringe Antheile Stickgas. Andererseits nimmt die Haut aus der Luft etwas Sauerstoffgas auf; doch ist zum Unterschied von der Respiration die Kohlensäureabgabe grösser (nach A. Gerlach 2—5mal), als die Sauerstoffaufnahme.

Die Stärke der Perspiration hängt zunächst ganz vorzugsweis ab von dem Blutreichthum der Haut, d. h. den Blutmassen, die durch die Hautcapillaren fliessen; dieselben wechseln unter verschiedenen äusseren oder im Körper selbst liegenden Bedingungen in hohem Grade. Die Perspiration nimmt zu: 1) mit der Luftwärme. In der Kälte ist die Haut niederer temperirt, blutärmer, trockener, der Parenchymsaft der Lederhaut ist minder reichlich, die Epidermis wasserärmer. In der Wärme dagegen wird die Haut weicher und saftreicher, indem ihr viel mehr Blut zuströmt. 2) Mit abnehmendem Wassergehalt der Luft. Je trockener die Luft, desto mehr wird die Wasserverdunstung begünstigt. 3) Mit zunehmender Bewegung der Luft, vorausgesetzt, dass dieselbe nicht zu nieder temperirt ist. 4) Nach reichlichem Trinken und 5) bei bestimmten Bekleidungsweisen. Letztere sollen einerseits in der Wärme die Wasserverdunstung nicht beeinträchtigen (sonst entsteht Schweiss), andererseits in der Kälte die Haut nicht allzusehr abkühlen lassen (sonst würde die Perspiration zu stark herabgedrückt). 6) Die Körperbewegung s. 601.

Bei der Perspiration der Warmblüter fällt die Wasserverdampfung allein ins Gewicht; gleichwohl bleibt der übrige, der Respiration analoge Gaswechsel sehr bemerkenswerth; beim Frosch dagegen ist die Hautathmung wichtiger als die Respiration. Dass die Haut die Bedingungen des Gaswechsels wirklich besitzt, beweist auch deren Vermögen, giftige Gasarten zu absorbiren.

Zur Untersuchung der Hautperspiration dient 1) Eine schon 196 erwähnte Methode. 2) Eine zweite, ältere besteht in Einbringung einer Extremität in einen, durch eine passende Sperrflüssigkeit abgeschlossenen, Gasraum, dessen chemische Zusammensetzung am Ende des Versuchs bestimmt wird. 3) Setzt man eine kleine Glasglocke luftdicht auf eine Hautstelle, so nimmt die Luft der Glocke Wassergas auf und zwar anfangs mit grosser, bald aber abnehmender Geschwindigkeit. Weyrich bestimmte die Menge Wassergas, welche unter verschiedenen physiologischen Bedingungen nach je 3minutlicher Versuchsdauer an die Luft der Glocke abgegeben wurde, indem er mittelst der Daniell-Regnault'schen Hygrometrie den Thaupunkt für die in der Glocke eingeschlossene Luft ermittelte. Man erhält bei diesem, jede Vergleichbarkeit der Versuchsbedingungen

ausschliessenden, Verfahren keine Zahlen, die irgend welche Garantie der Richtigkeit bieten. Endlich bestimmt man annähend 4) die 24stündige Wasserabgabe der Haut des Urin- und Respirationswassers vom Wassergehalt der Getränke und Speisen.

222. Schweiss.

Ursachen, welche die Perspiration vermehren, führen, wenn sie eingreifender wirken, Schweiss herbei. Die allgemeinen Bedeckungen werden alsdann (in der Regel) blutreich und sondern Wasser in solcher Menge ab, dass dasselbe nicht alsbald verdunsten kann. Auch reisst der gesteigerte Wasserstrom gelöste Bestandtheile in viel grösserer Menge fort, als die Wassersecretion der Perspiration. Der Schweiss ist örtlich oder allgemein. Hauptverlassungen der Schweissbildung sind warme und feuchte Luft, (im höchsten Grade im Dampfbad, wo das Wasser von der Haut herabrinnt), Einwickelung des Körpers, welche die Wasserverdampfung verhütet und starke Muskelanstrengung. Gewisse Individuen sind in hohem Grade, andere viel weniger zum Schwitzen geneigt. Nerveneinflüsse (Angstschweiss u. s. w.) sind nicht zu läugnen, wenn auch nicht näher erklärbar.

Der an sich farblose Schweiss ist zu Anfang der Secretion etwas trüblich durch abgestossene Epidermiszellen, auch wohl durch beigemischtes Talgdrüsensecret. Der frische Schweiss reagirt schwach sauer; sein, an gewissen Körperstellen (Achselgrube, Fusssohle) und bei manchen Menschen auffallender, Geruch rührt vorzugsweis von flüchtigen Säuren her. Die Menge der festen Bestandtheile beträgt durchschnittlich etwas über 1 %; sie schwankt aber nach Schottin und Funke zwischen $^3/_4$ bis $2^1/_2$ %; die höheren Concentrationen kommen bei geringerer Secretion vor. Die unorganischen Bestandtheile, in welchen Chloralkalien überwiegen, betragen mindestens $^1/_2$ des festen Rückstands. Ammoniaksalze kommen im frischen Secret (in der Regel wenigstens) nicht vor, wohl aber in kleinen Mengen in Folge von Zersetzung stickstoffhaltiger Bestandtheile des Schweisses. Harnstoff etwa 1 pro mille ist von Picard und Funke nachgewiesen. Ausserdem flüchtige Säuren, namentlich aus der Gruppe der Ameisensäure, nach Schottin besonders Ameisensäure, Essigsäure, Buttersäure. Endlich kleine Mengen Fette, und zwar auch an Stellen, die keine Talgdrüsen enthalten.

Der Schweiss wird beim luftdichten Abschluss einer Extremität in einem Kautschucksack angesammelt. Bei der so sehr wechselnden Absonderung kann von einer Angabe der mittleren Mengen keine Rede sein. Funke erhielt am Arm, dessen Oberfläche etwa $^1/_{17}$ der ganzen Hautoberfläche bildet, innerhalb einer Stunde 4—48 Gramme Schweiss (letztere Menge bei angestrengter Bewegung).

223. Organe der Perspiration und Schweissbildung.

Die Cutis bietet auf ihrer ganzen Oberfläche, die etwa 15 □ Fusse beträgt, die Bedingungen zur Perspiration. Ueber die Rolle, welche die sog. Schweissdrüschen einerseits und die sonstige Cutisoberfläche andererseits bei dieser Ab-

sonderung spielen, bestehen verschiedene Ansichten. Krause nimmt für die ganze Haut über 2 Millionen Drüschen an und taxirt den Gesammtquerschnitt ihrer Mündungen auf etwa 8 □ Zolle, welche Fläche zur Verdunstung des Hautwassers bei weitem nicht ausreicht. Daher schliesst er, dass durch die Epidermis eine erhebliche Menge Wassergas verdunste und findet seine Ansicht bekräftigt durch Versuche, die er hierüber an Epidermisstücken anstellte. Es scheint uns natürlicher, anzunehmen, dass von den Mündungen der Schweissdrüsen aus das Wasser in einer höchst dünnen Schichte über die benachbarte Hautoberfläche sich verbreitet und dadurch die Verdunstungsfläche sehr wirksam vermehrt. Die plötzliche Schweissabsonderung kann nicht wohl von anderen Organen, als den Schweissdrüsen abgeleitet werden.

Die Folgen des Ueberziehens der Haut mit impermeabeln Substanzen s. 266.

XI. Leberfunctionen.

224. Blutlauf in der Leber.

Die Leber ist ausgezeichnet durch ihre gedoppelte Blutzufuhr. Das durch die Art. hepatica zuströmende hellrothe Blut dient vorzugsweis zur Ernährung der Wandungen der grösseren Blutgefässe und der Gallengänge, der Glisson'schen Kapsel und des serösen Ueberzuges. Viel bedeutender ist der Strom durch die Pfortader, welcher des venöse Blut des Magens, Darmes, der Bauchspeicheldrüse und Milz in die Leber leitet.

Die, durchschnittlich etwa $^1/_{100}'''$ grossen, kernhaltigen, Leberzellen bilden die Grundmasse der Drüse; eine Anzahl solcher Zellen wird umschlossen von den Enden von 2, 3 oder 4 Pfortaderzweigchen, die sich zu einem, übrigens nicht in einer Ebene liegenden Gefässring, der sog. Vena interlobularis, vereinen. Ein solcher Ring hat einen Durchmesser von $^1/_2$—1 Linie und schliesst ein sog. Leberläppchen ein; demnach sind die einzelnen »Läppchen« nicht allseitig von einander abgegrenzt. Die Venae interlobulares werden von den interlobulären Gallengängen begleitet und geben nach allen Richtungen (d. h. in mehrere benachbarte Leberläppchen) zahlreiche feine Capillaren ab. Letztere vereinen sich im Innern des Läppchens zu einer kleinen Vene: V. intralobularis, dem Anfang des Systemes der Lebervenen, die in die untere Hohlvene sich einsenken.

Das venöse Blut, welches aus den von der Art. hepatica versorgten Theilen abfliesst, ergiesst sich nicht in die Lebervenen, sondern durch die sog. inneren Pfortaderwurzeln in die kleinen Pfordaderzweige der Leber; das Blut, welches

aus der Leber abfliesst, hat somit 2 Capillarsysteme durchsetzt; desshalb muss auch ein Blutkörperchen, welches die Leberbahn einschlägt zur Vollendung eines ganzen Umlaufes, etwas längere Zeit brauchen, (nach dem, was wir über den Aufenthalt in den kleineren Gefässen und Capillaren wissen, etwa 4—6 Secunden mehr) als das Blut der übrigen bloss eincapillarigen Stromgebiete.

Ein kleiner Theil der Capillaren der Art. hepatica hängt jedoch wahrscheinlich mit den von der Pfortader gebildeten Capillaren der Venae interlobulares unmittelbar zusammen, sodass ein kleiner Antheil des in die Arteria hepatica strömenden Blutes bloss eine Capillarität durchsetzt.

Es ist kein Grund zur Annahme vorhanden, dass die Bahn der Pfortader sehr viel langsamer, als die der Art. hepatica zurückgelegt werde; entschieden falsch ist aber die oft gehegte Ansicht, der ganze Leberkreislauf sei träge.

Es fliessen grosse Massen von Blut und zwar mit gewöhnlicher Geschwindigkeit durch die Leber. Beweise: die normale Geschwindigkeit der Blutkörperchen in den kleineren Mesenterialgefässen (Poiseuille), in den Capillaren am Leberrand kleiner Thiere (Haller), sowie endlich die Schnelligkeit der Vergiftungen vom Magen und Darm aus. Im Blut der Lebervenen sind im Gegensatz zur Pfortader nach Lehmann die rothen Blutkörperchen kleiner, minder gefärbt und weniger geneigt, nach Wasserzusatz aufzuquellen, und die farblosen Körperchen etwa 4—5mal zahlreicher. Auch enthält das Lebervenenblut viel mehr Extractstoffe, sowie Zucker (229). Gegen die Möglichkeit einer regelrechten Ansammlung des Pfortader- und Lebervenenblutes erheben sich übrigens gegründete Bedenken.

225. Gallenabsonderung.

Die specifischen Bestandtheile (s. 171) werden in den Leberzellen gebildet. Zahlreiche, netzförmig in die »Leberläppchen« sich verzweigende und die Leberzellen umspinnende, höchst feine Canäle: die sog. Gallencapillaren, (besser wäre die Bezeichnung intralobuläre Gallengänge) führen das Secret der Leberläppchen in die interlobulären Gallengänge, von wo aus dasselbe durch die weiteren Gallenwege und den Ductus hepaticus, in die Gallenblase oder sogleich in den Zwölffingerdarm ablauft.

Die ersten Gallenblasenfisteln hat Schwann angelegt. Nach Unterbindung und Ausschneidung eines grösseren Stückes des Ductus choledochus wird der Grund der Gallenblase in die, in der Linea alba gemachte Bauchwunde eingeheilt. Sämmtliche Galle fliesst demnach aus der Fistelöffnung ab und zwar ununterbrochen, jedoch, wie Bidder, Nasse, Arnold, Kölliker und H. Müller zeigten, mit grossen Schwankungen. Die Angaben über die 24stündige Absonderungsgrösse weichen bedeutend von einander ab; nach beiden letztgenannten Forschern bildet 1 Kilogramm Hund in 24 Stunden etwa 32 Gramme Galle (mit 1 Gramm Fixa), was für den Menschen nahezu 2 Kilogramme ergeben würde. Oft kommen aber viel niedrigere Werthe vor. Wegen des bedeutend gesteigerten Hungers der Fistelthiere dürften die Angaben über die Gallenmenge zweckmässiger auf 1 Kilogr. Zufuhren bezogen werden. Nach der Nahrungsaufnahme ist die Absonderung, 2—4 Stunden hindurch reichlich; sie nimmt dann wieder ab, um nach 8—12 Stunden wieder zu steigen (Wolf).

Während längeren Fastens nimmt sie erheblich ab. Fleischgenuss, sowie Fettzusatz zur Nahrung mehrt, Pflanzenkost und gewisse Medicamente, namentlich kohlensaures Natron, mindern die Gallenbildung (Nasse). Einflüsse des Nervensystems sind nicht bekannt; die Abschnürung der mit der Art. hepatica zur Leber verlaufenden Nervenzweige ist nach Schiff ohne Einfluss auf die Galle.

Schon ein geringer Gegendruck des in den Gallengängen bereits Angesammelten hemmt die weitere Secretion; Heidenhain befestigte, nach Unterbindung des Ductus choledochus, ein Manometer in die Gallenblase von Meerschweinchen und fand diesen Punkt bei einem Druck von etwa 20 Centimeter Wasserhöhe bereits erreicht.

226. Abstammung der Galle von der Pfortader.

Schon die Verbreitungsweise der Lebergefässe lässt auf die Quelle der Gallenbildung schliessen; da nämlich die Leberzellen von den Capillaren der Venae interlobulares mit Blut versorgt werden, so muss die Galle vom Pfortaderblut stammen. Sie ist also ein venöses Secret. Diese Frage wurde seit Malpighi auch experimentell, durch Unterbindung der Leberarterie oder der Pfortader verfolgt. Nach Abbindung der ersteren hört die Gallenbildung nicht auf, wohl aber nach Zusammenschnürung der Pfortader, welche übrigens von Warmblütern höchstens wenige Stunden überlebt wird.

Der schnelle Tod nach Unterbindung der Pfortader wird verursacht durch enorme Blutüberfüllung der Baucheingeweide und nachträgliche Blutarmuth des Gehirnes. Letztere erklärt die comatösen Symptome. Das im Blut zurückgehaltene »Material zur Gallenbildung« kann nicht beschuldigt werden; Infusion von fertiger Galle oder von Gallenbestandtheilen in den Kreislauf ist unschädlich.

Da die Arteria hepatica in ihrem Verlauf noch Anastomosen mit verschiedenen Zweigen der A. coeliaca, ja selbst mit anderen Aortenästen eingeht, so unterband Schiff, um die arteriellen Zufuhren zur Leber möglichst abzuschliessen, in Katzen wenigstens sämmtliche Aeste der Coeliaca.

Das Fortbestehen der Gallensecretion in Krankheitsfällen von erworbenem Verschluss des Pfortaderstammes erklärt sich durch eine stärkere Ausbildung der venösen Zufuhren zu den Verzweigungen der Pfortader innerhalb der Leber; denn, abgesehen von den vom Capillarblut der Art. hepatica gespeisten sog. »inneren Pfortaderwurzeln«, gewinnen sonstige, gewöhnlich nur schwach entwickelte Zweige der Pfortader, die von der Gallenblase, ja selbst von der vorderen Bauchwand herkommen, an Umfang. In gleicher Weise erklärt sich das Fortbestehen der Gallenbildung in Menschen mit langsam entstandenem Pfortaderverschluss, sowie in den Versuchen Oré's, welcher mittelst einer schwach angelegten Ligatur einen Pfortaderverschluss sogar innerhalb einiger Tage herstellte. In den höchst seltenen Fällen von Missbildungen, in welchen die Pfortader statt in die (auch hier Galle bereitende) Leber, in die Vena cava unmittelbar sich einsenkte, sind die feineren Gefässanordnungen innerhalb der Leber nicht untersucht worden.

227. Bildung der specifischen Gallenbestandtheile.

Der Farbstoff, sowie die Tauro- und Glykocholsäure der Galle sind im Pfortaderblut nicht präformirt; sie entstehen erst in den Leberzellen. Wäre die Galle ein blosses Educt aus dem Blute, so müsste letzteres nach Ausschneidung der Leber (Frösche können die Operation tagelang überleben) Gallensäuren enthalten, was aber nach Kunde und Moleschott nicht der Fall ist.

Der Gallenfarbstoff (Bilirubin) ist sicher ein Abkömmling des Hämatoglobulin der Blutkörperchen (Valentiner, Kühne). Der Farbstoff ist nämlich identisch oder doch sehr nahe verwandt mit einem notorischen Abkömmling des Blutfarbstoffs, dem sog. Hämatoidin, welches Virchow in ältern pathologischen Blutergüssen in Form rother rhomboidaler Krystalle entdeckte. Hämatoidinkrystalle fand Zenker in stagnirender Galle (in sackig erweiterten Gallengängen u. s. w.). Die Hämatoidinkrystalle sind, wie der Gallenfarbstoff, löslich in Chloroform und geben ebenfalls die Gmelin'sche Gallenfarbstoffreaction (171).

Das sog. Gallenfett: Cholesterin ist kein specifischer Bestandtheil der Galle; es kommt auch im Blut, Nervengewebe u. s. w. vor; Beneke und Kolbe wiesen es sogar im Pflanzenreich nach.

Die Entstehung der Gallensäuren ist noch dunkel; einen Fingerzeig bieten jedoch die Zersetzungsprodukte derselben, welche auch zur Würdigung der Schicksale der Galle im Darmkanal von Bedeutung sind. Die Gallensäuren sind als gepaarte Säuren zu betrachten; bei der Fäulniss oder beim Kochen mit Alkalien, z. B. Barytwasser, zerfallen sie nach Strecker in eine, beiden gemeinsame, stickstofffreie Säure: Cholsäure (auch Cholalsäure genannt) und die beiden stickstoffhaltenden Paarlinge: das Glycocoll (Glycin) der Glycocholsäure und das, durch seinen Schwefelgehalt ausgezeichnete, Taurin der Taurocholsäure, wobei zugleich die Elemente von 2 Molekülen Wasser aufgenommen werden.

Glycocholsäure — Cholsäure — Glycocoll

$$C_{52}\overset{\shortparallel}{H}_{43}NO_{12} + 2\,HO = C_{48}\overset{\shortparallel}{H}_{40}O_{10} + C_4\overset{\shortparallel}{H}_5NO_4$$

Taurocholsäure — Taurin

$$C_{52}H_{45}\overset{\shortparallel}{N}O_{14}S_2 + 2\,HO = C_{48}H_{40}O_{10} + C_4H_7\overset{\shortparallel}{N}O_6S_2.$$

Man kann sich demgemäss vorstellen, dass die Gallensäuren im Leberparenchym durch Zusammentritt der Cholsäure mit deren Paarlingen entstehen. Dafür spricht wenigstens die Thatsache, dass die Elemente des Glycocoll, unter Abgabe von 2 Mol. Wasser, mit organischen Säuren, im Körper selbst, zur Bildung gepaarter Säuren, Hippursäure u. s. w. (s. 251) zusammentreten. Ueber die Entstehung der, selbstverständlich von Eiweisskörpern abzuleitenden, Stickstoffhaltigen Paarlinge der Cholsäure und die Abstammung der letzteren ist nichts Näheres bekannt.

228. Schicksale der Galle.

Die Gallensäuren werden zum grössten Theil im Darmkanal wieder aufgesaugt (176), um schliesslich im Organismus weiterer Verwendung entgegen zu gehen. Die Thatsache, dass Gallenbestandtheile im Pfortaderblut bis jetzt nicht nachgewiesen wurden, kann — gegenüber den enormen Massen Blut, welche durch diese Vene strömen — nichts beweisen gegen eine Resorption der Galle; für letztere spricht die viel beweisendere Erfahrung, dass die Fäces (176) nur mässige Antheile von Gallenbestandtheilen enthalten. Die Verwendbarkeit der resorbirten Gallenbestandtheile wird auch durch die Injection gallensaurer Alkalisalze in den Kreislauf wahrscheinlich gemacht, indem alsdann nur kleine Mengen derselben im Harn wieder zum Vorschein kommen. Letzteres ist auch in der, durch Resorption der gebildeten Galle bedingten, Gelbsucht (Icterus) der Fall.

Die Metamorphosen der resorbirten Gallensäuren sind nicht näher bekannt; die Cholsäure dürfte schliesslich in Form von Kohlensäure und Wasser den Körper verlassen, während ihre stickstoffhaltigen Paarlinge vielleicht mit der Bildung von Harnstoff (248) in Zusammenhang stehen.

Die Galle ist demnach kein Excret; sie kann in Thieren mit Gallenfisteln nicht verloren gehen ohne eingreifende Folgen, sodass solche Thiere nur ausnahmsweise längere Zeit fortleben; sie zeigen eine erhöhte Gefrässigkeit, so zwar, dass die vermehrten Zufuhren den Verlust an Gallenbestandtheilen wesentlich übersteigen (Bidder und Schmidt), wesshalb man zum Schluss geneigt ist, dass die Galle, nach ihrer Aufnahme in die Säftemasse, den Stoffwechsel verlangsamt. Ist bei Thieren mit Gallenfisteln der Hunger nicht vermehrt, oder erhalten sie bloss gewöhnliche Zufuhrmengen, so magern sie ab und gehen zu Grunde.

Die gallensauren Salze lösen Blutkörperchen auf und machen, in den Kreislauf injicirt, den Puls selten (Röhrig), wofür auch die auffallende Pulsverlangsamung in vielen Fällen von Gelbsucht spricht.

Der nicht resorbirte Theil der Galle kommt, in kleinen Antheilen, in den Fäces regelmässig vor, namentlich Gallenfarbstoff (meist verändert), Cholesterin, auch Cholsäure und deren, sogleich anzuführenden Abkömmlinge.

Die Glycocholsäure (resp. Taurocholsäure) zerfällt beim Kochen mit verdünnter Salzsäure in Glycocoll (resp. Taurin) und eine stickstofffreie, nichtkrystallisirbare Säure: Choloidinsäure.

$$C_{52}\,H_{43}\,N\,O_{12} = C_{48}\,H_{38}\,O_8\ \text{(Choloidinsäure)} + C_4\,H_5\,N\,O_4.$$

Die Choloidinsäure endlich verwandelt sich beim Kochen mit Salzsäure unter Abgabe der Elemente von 2 Wassermolekülen in Dyslysin $= C_{48}\,H_{36}\,O_6$. Choloidinsäure und Dyslysin (früher Gallenharz genannt) sind harzartige, in Wasser unlösliche Körper. Nach Frerichs finden sich dieselben auch in den Fäces.

229. Amylon- und Zuckergehalt der Leber.

Schon im Alterthum betrachtete man die Gallenbildung als einen blossen Nebeneffect der Leberthätigkeit und suchte für die grosse Drüse noch andere,

wichtige Functionen in Anspruch zu nehmen. Die Leber enthält eine eigenthümliche Amylonsubstanz (das sog. Glycogen); dieselbe ist weiss, neutral, geruchlos, durch Kochen nicht zerstörbar; löslich in Wasser, in Alkohol und Aether unlöslich; durch Jod wird sie weinroth gefärbt; Kupferoxydsalze reducirt sie nicht (Bernard, Hensen). Ausserdem wies Bernard in der Leber eine gährungsfähige Zuckerart nach, welche die Eigenschaften des Traubenzuckers besitzt; wird eine Abkochung der Leber mit Bierhefe versetzt, so bilden sich Alkohol und Kohlensäure. Auch lenkt der Leberzucker das polarisirte Licht nach rechts ab und seine kalischen Lösungen reduciren Kupferoxydsalze.

Zerschneidet man eine frische Leber und härtet dieselbe einige Minuten lang in mit Essigsäure angesäuertem siedendem Wasser, so enthält das Filtrat erhebliche Mengen Zucker. Das Leberamylon wird ziemlich rein aus dem concentrirten Filtrat mittelst Alkohol oder concentrirter Essigsäure gefällt.

Der Zuckergehalt einer in gewöhnlicher Weise behandelten Leber beträgt in den höheren Wirbelthieren etwa $1\frac{1}{2}$—2 %. Pavy konnte jedoch in ganz frischen Stücken Leber, die er gefrieren liess, selbst nach mehreren Stunden, keinen irgend erheblichen Zuckergehalt finden, während letzteres der Fall war in sich selbst überlassenen Stücken derselben Leber. Bernard spülte durch die Pfortader eine frische Leber so aus, dass aller Zucker vom Wasserstrom fortgerissen wurde; nach einigen Stunden enthielt die Leber wieder ziemliche, auf Kosten des Glycogens gebildete, Zuckermengen. Der grosse Zuckergehalt der Leber ist demnach eine Leichenerscheinung; kleine Antheile von Traubenzucker dürften aber der Leber auch unter normalen Verhältnissen nicht abzusprechen sein.

Einige Stunden nach der Mahlzeit erreicht der Gehalt an Amylon (und Zucker) des Maximum (mehrere Procente); beim anhaltenden Hungern, fast in allen fieberhaften Krankheiten und nach eingreifenden Operationen verschwinden beide Körper in der Regel vollständig. Ueberhaupt ist das Vorkommen der letzteren an eine gewisse Stärke des Stoffwechsels gebunden; die Leber eines mit Firniss bestrichenen Thieres, in dem Stoffwechsel und Körperwärme bedeutend sinken (266), verliert in wenigen Stunden ihren Amylon- und Zuckergehalt (Bernard); erwärmt man aber die Thiere künstlich, so treten beide Verbindungen wieder auf (Schiff).

Ausser der Leber enthalten nach Figuier, Sanson, Meissner und Grohe verschiedene andere Organe, namentlich auch die Muskeln, Zucker, und zwar zu 1—3 pro mille. Rouget fand auch in den Muskeln des Fötus glycogene Substanz. Die Glycogen- und Zuckerbereitung scheint eine ziemlich allgemeine Eigenschaft der Gewebe zu sein.

230. Entstehung und Schicksale des Leberamylon's.

Amylon (und Zucker) finden sich in der Leber auch bei vollständig amylon- und zuckerloser Nahrung, z. B. bei einseitiger Fütterung mit Eiweisskörpern (magerem Fleisch) oder Leim; die Annahme, dass das Amylon der Leber von aussen zugeführt werde, ist demnach ausgeschlossen. — Manche halten den in

den Eiweisskörpern vermutheten Stickstofflosen Atomencomplex für den Mutterkörper des Leberamylon's. Bei Fettnahrung nimmt der Amylongehalt ab, während er am höchsten steigt bei starkem Amylon- oder Zuckerzusatz zu eiweisshaltiger Nahrung. In letzterem Fall mindert wohl die starke Zufuhr von Kohlenhydraten den Umsatz der in der Leber gebildeten Kohlenhydrate und begünstigt desshalb deren Ansammlung.

Die Entstehung des Leberamylon's, welches wahrscheinlich von verschiedenen Ursprungskörpern abstammen kann, ist noch nicht festgestellt. Heynsius und Küthe machen auf die Beihülfe der vom Darm resorbirten Gallensäuren aufmerksam, weil der Leberzucker abnimmt bei Gallfistelthieren (diese Thatsache lässt sich auch durch die alsdann immer stattfindende Beeinträchtigung der Ernährung erklären) und weil andererseits bei Verabreichung eines Paarlings der Cholsäure (des Glycocoll), der Amylon- (und Harnstoffgehalt) der Leber zunimmt (248). Eine Spaltung des Glycocoll in Harnstoff und Zucker ist zwar denkbar, aber noch nicht erwiesen.

Das Leberamylon wird durch verschiedene Fermentkörper, z. B. Diastase, Speichel, Pankreasdecoct, auch durch verdünnte Mineralsäuren, in Zucker umgesetzt. Schon diese so leicht erfolgende Umwandlung des Amylons macht es wahrscheinlich, dass sie während des Lebens in der Leber erfolgt. Da nun in 24 Stunden enorme Massen Blut durch die Leber strömen, so könnte letztere in dieser Zeit erhebliche Mengen Zucker in die Lebervenen abgeben und gleichwohl der Zuckergehalt des Lebervenenblutes der Leber selbst, nur ein höchst unbedeutender sein.

Das Ferment, welches in der Leber die Umsetzung des Amylon einleitet, ist übrigens nicht bekannt. Fehlt das Ferment in der Leber, z. B. bei Fröschen am Ende des Winters, überhaupt wenn diesen Thieren weder Nahrung noch gehörige Bewegung gestattet ist, so mangelt, trotz des vorhandenen Amylon's, der Zucker in der Leber, sowie die postmortale Zuckerbildung.

Zucker findet sich im Pfortaderblut nicht, oder nur in sehr geringen Antheilen, wogegen er im Lebervenenblut in relativ erheblicher Menge vorkommt. Ein Zuckergehalt des letzteren von $^3/_4$ %, den Lehmann bei einem Pferde erhielt, ist übrigens nur durch regelwidrige Verhältnisse, Störungen des Blutlaufes während der Ansammlung des Blutes u. s. w. erklärlich. Bernard sammelte durch Einbringen eines Catheters von der Jugularis aus bis zur Leber, normales Lebervenenblut an und wies in demselben Zucker nach. Der vom Blutstrom aus der Leber fortgeschwemmte Zucker geht nach Bernard in der Blutmasse unter und wird schliesslich in Kohlensäure und Wasser übergeführt.

Nach Gorup-Besanez wird Traubenzucker in alkalischer Lösung zu Kohlensäure und Ameisensäure oxydirt. Ist krankhafter Weise, z. B. durch Respirationsstörungen, die Oxydation des Zuckers im Blut gemindert, so sammelt er sich in letzterem in etwas grösserer Menge an und kann selbst in die Secrete, namentlich den Harn übergehen.

Möglicherweise kann die Umsetzung des Amylon's theilweise auch ausserhalb der Leber geschehen; beim Ausspritzen der Leber mit Wasser läuft manchmal eine opalisirende Flüssigkeit durch die Lebervenen ab, welche Amylon enthält (Gerlach und Gorup-Besanez). Die Angabe Pavy's, dass Injection von Leberamylon in das Blut einen starken Zuckergehalt des letzteren und des Urins bewirke, wurde übrigens von Meissner und Ritter nicht bestätigt.

Dass das Leberamylon noch andere Metamorphosen, als die in Zucker erleide, ist höchst wahrscheinlich. Bei vorzugsweiser Füllung mit Kohlehydraten enthält die Leber (neben grossen Mengen Amylon) nach Brücke und Tscherinoff sehr viel Fett und es ist wohl möglich, dass das Leberamylon auch eine Durchgangsstufe zur Bildung von neutralen Fetten darstellt.

231. Nerveneinfluss auf die Zuckerbildung.

Bernard fand, dass nach Verletzung des Bodens der vierten Hirnhöhle (in der Höhe der Vagusursprünge) mittelst einer durch das Hinterhauptsbein eingesenkten Nadel, der Harn einige Stunden lang Zucker enthält, während zugleich der Zuckergehalt der Leber beträchtlich steigt. Nach Schiff machen alle Verletzungen der Nervencentren von den Hirnschenkeln an abwärts bis zu der Stelle, wo die Wurzeln der Eingeweidenerven aus dem Rückenmark treten (in Fröschen z. B. bis zum vierten Wirbel), den Harn zuckerhaltig.

Der nach den genannten Eingriffen im Urin enthaltene Zucker stammt aus der Leber, denn 1) die Ausscheidung hört in Fröschen bald auf, wenn die Leber abgebunden wird, und 2) das Experiment gelingt nie an Winterfröschen, deren Leber zuckerlos ist (Schiff). Es ist wahrscheinlich, dass in diesen Zuständen die Zuckerbildung der Leber gesteigert ist. Die Leber und andere Organe des Unterleibes werden zugleich blutreich, ihre Gefässe sind erweitert in Folge der Lähmung der Gefässnerven. Hensen und Gräfe haben mittelst Durchschneidung des N. splanchnicus major den Urin zuckerhaltig gemacht, obschon hier nur ein Theil der vom Rückenmark zur Leber gehenden Nerven getrennt wurde. Schiff will die vermehrte Zuckerbildung nach Verletzung der genannten Nervencentren ausschliesslich von der gesteigerten Blutzufuhr ableiten.

In welchem Verhältniss die, von anhaltender und starker Zuckerausscheidung durch die Nieren begleitete, sog. Zuckerharnruhr des Menschen (252) zu den genannten Functionsanomalien der Leber und der Nervencentren steht, ist unbekannt.

XII. Lymphsystem, Blutgefässdrüsen und Blutkörperbildung.

232. Lymphe.

Ein Theil der in die Gewebe in reichlichem Maasse austretenden Bestandtheile des Blutplasma geht in die Anfänge der Lymphgefässe über; es bildet sich Lymphe. Diese kann am Menschen in seltenen Fällen gewonnen werden, wenn Verletzungen von Lymphstämmchen nicht alsbald verheilen.

Die Anfänge der Lymphgefässe stellte man sich früher als ein mit eigenen Wandungen versehenes besonderes Capillarsystem vor. In neuester Zeit wendet man sich aber

wieder der alten Ansicht zu, dass die Lymphgefässe von Lücken und Spalten der Gewebe, vorzugsweis des Bindegewebes, ihren Ursprung nehmen (Brücke, Ludwig, Reckligshausen u. A.), mit welchen die feinen Ausläufer der im Bindegewebe von Virchow entdeckten sog. Bindegewebskörperchen communiciren. Einen offenen Zusammenhang der Lymphgefässe mit den serösen Höhlen behauptete zuerst Recklingshausen, nach Welchem z. B. zwischen den Epitelzellen des intercostalen Theiles der Rippenpleura kleine Oeffnungen vorhanden sind, welche den Zusammenhang der Pleurahöhle mit Lymphgefässen der Brustwand vermitteln. Auch in den Nervencentren, welche früher für Lymphgefässlos galten, wies His ein röhrenförmiges Lückensystem nach, in welchem feine Blutgefässe verlaufen und das mit notorischen Lymphcanälen der Pia mater des Gehirnes zusammenhängt.

Die Lymphe ist fast wasserhell oder nur schwach opalisirend, von etwas salzigem Geschmack und alkalischer Reaction; ausserhalb der Gefässe bildet sie langsam ein weiches Gerinnsel. Das Plasma der Lymphe hält aufgeschwemmt Molekularkörperchen (zum Theil Fettkörnchen, jedoch nur sparsam, während sie im Chylus in sehr beträchtlichen Mengen vorkommen) und sog. Lymphkörperchen, etwas granulirte, kernhaltige, rundliche Zellen, analog den Chyluskörperchen. In 1 Cub. Millimet. Lymphe des Hundes zählte J. F. Ritter 8200 Lymphkörperchen (s. 10). Farbige Blutkörperchen kommen öfters, namentlich in der Milzlymphe vor, nach Nasse besonders in hungernden Thieren. Die menschliche Lymphe, die in den verschiedenen Stromgebieten des Lymphsystems nicht gleich zusammengesetzt sein mag, besteht in 100 Theilen aus Wasser 94—97, Eiweiss 2—3, (grössere Mengen während der Verdauung), Faserstoff 0,3—0,5, Extractivstoffe (auch Zucker) 0,3, Fette: Spuren bis 0,2, Salze, namentlich Chlornatrium, $^3/_4$—$1^1/_4$ % (Nasse, Scherer, Gubler und Quevenne).

C. Schmidt fand in der Pferdelymphe Wasser 95,4 % — Faserstoff 0,2 — Fette 0,1 — Eiweiss und sonstige organische Körper 3,5 — Mineralstoffe 0,8 %.

233. Lymphströmung.

Nach Vermehrung der Blutmasse durch Einspritzen von Wasser, Milch u. s. w. in den Kreislauf füllen sich die Lymphgefässe sogleich. Erhöhte Thätigkeit eines Organes vermehrt, in Folge der stärkeren Blutzufuhr, dessen Lymphbildung; aber auch nach Unterbindung der Carotiden läuft, nach W. Krause, aus den Hals-Lymphstämmen des Hundes Lymphe eine Zeitlang ab.

Hemmung des venösen Rückflusses aus einem Organ durch Abbindung vermehrt nach Bidder die abfliessende Lymphe; da nämlich der eine (venöse) Ausweg für die Saftströmung unterbunden ist, so werden die Lymphbahnen um so leichter aufgesucht.

Die Lymphbildung erfolgt ununterbrochen; das Maximum fällt in die Verdauungszeit, beim Fasten nimmt die Lymphe sehr ab. Die Menge der im Körper überhaupt vorhandenen oder der in 24 Stunden in das Venensystem ergossenen Lymphe ist unbekannt. Bidder und Schmidt sammelten in ungefähr $1^1/_2$—2 Stunden bei jungen Pferden aus dem angeschnittenen Halslymphstamm 70—107 Gramme Lymphe. Gubler und Quevenne erhielten aus einer Wunde am Oberschenkel einer Frau eine Lymphmenge von fast 3

Kilogr. in 24 Stunden; ob pathologische Nebenbedingungen in diesem Fall mitgewirkt haben, muss dahingestellt bleiben.

Der Strom ist von den feinen Lymphgefässen gegen die grösseren gerichtet, analog dem Venenblutlauf, wie denn überhaupt das Lymphsystem viele Vergleichspunkte mit den Venen bietet, wie Klappen, zahlreiche Plexus, langsameres Fliessen, geringer Druck der Flüssigkeit u. s. w. Die grösseren Lymphgefässstämmchen durchsetzen eine Anzahl Lymphdrüsen. Die Lymphe des rechten Armes, der rechten Hals- und Kopfseite und theilweis des Thorax wird durch den Truncus lymphaticus dexter in das Ende der gleichseitigen Vena subclavia ergossen; während die linke Subclavia durch den sehr viel grösseren Truncus sinister (Ductus thoracicus), ausser der Lymphe der analogen Theile der linken Körperseite, noch die starken Zufuhren von Lymphe der unteren Gliedmaassen, Bauchorgane und hinteren Rumpfwand empfängt.

Die Triebkräfte des Lymphstromes wurden beim Chylus erörtert. Eine eigene Einrichtung stellen die von J. Müller entdeckten Lymphherzen dar, welche bei den Vögeln, Fischen und Amphibien vorkommen. Der Frosch besitzt zwei vordere über der Schulter neben der Wirbelsäule, und zwei hintere, neben dem After; jedes Herz enthält etwa 1 Cub. Linie Lymphe und schlägt in der Minute ungefähr 60mal. Das Antiargift bringt nicht bloss das Blutherz (115), sondern auch die Lymphherzen in Stillstand (Vintschgau); Curare, welches die motorischen Nerven lähmt (70), wirkt ebenfalls lähmend auf die Lymphherzen (Bidder), nicht aber auf das Blutherz.

234. Physiologische Bestimmung der Lymphe.

Die Lymphgefässe stellen zunächst einen Anhang des Venensystemes dar, beziehungsweise ein Mittelglied, eingeschoben zwischen Arterien- und Venensystem. Die Lymphe wird gebildet aus gewissen Bestandtheilen des Blutes, um sodann als Ganzes in das Blut wieder ergossen zu werden; sie ist also ein wichtiges Glied des intermediären Stoffwechsels.

Die Lymphe enthält alle wesentlichen Bestandtheile des Blutplasma; ihr Wassergehalt steigt und fällt mit dem Wassergehalt des Blutes (Nasse). Die Lymphe ist übrigens sehr viel wasserreicher als die Blutflüssigkeit; offenbar begünstigt der aus den Blutcapillaren austretende starke Wasserstrom den Uebergang gelöster Stoffe des Blutes in die Gewebe. Dieses Wasser kann aber (wenn die Gewebe ihren, der augenblicklichen Blutbeschaffenheit entsprechenden Wassergehalt haben) nicht verwendet werden für die Gewebe selbst, es muss wieder abgegeben werden. Die einfachsten Abzugskanäle des Gewebwassers sind die Lymphgefässe. Wo diese fehlen, kann der Stoffwechsel zwischen Blut und Parenchym bloss vermittelt werden durch die gegenseitige Endosmose, die unter Umständen nicht hinreichen würde für einen lebhaften Stoffumsatz. Das Lymphsystem gestattet also, dass die Gewebe von starken und rasch wechselnden Strömen von Ernährungsmaterial durchzogen werden.

Die Lymphgefässe sind aber nicht bloss Zwischencanäle zwischen Arterien und Venen, sondern auch ein besonderes System, in welchem Processe eigener Art vor sich gehen. Diese erfolgen namentlich in den Lymph-

drüsen, in welchen der Lymphstrom zellige Drüsenelemente empfängt, die (190) als Lymphkörperchen weiteren Verwendungen (236) entgegengehen. Die Lymphe enthält übrigens schon vor ihrem Eintritt in die Drüsen sparsame Körperchen, deren Entstehung nicht bekannt ist. Ausserdem kommt der Lymphstrom in diesen Drüsen in endosmotische Wechselwirkungen mit dem Capillarblut, die im Speciellen freilich unbekannt sind; man weiss nur, dass die Flüssigkeit nach dem Austritt aus den Lymphdrüsen fibrinreicher, überhaupt (auch durch Aufnahme der Lymphkörperchen) etwas blutähnlicher wird.

Ueber die resorbirenden Kräfte der Lymphgefässe s. 34.

235. Blutgefässdrüsen.

Die bemerkenswerthesten Organe, die unter obiger Bezeichnung gewöhnlich zusammengefasst werden, sind: Milz, Thymus, Schilddrüse und Nebennieren. Einige derselben enthalten als charakteristische Elemente geschlossene Follikel, in welchen zahlreiche Zellen und Zellenkerne eingebettet sind, die an den Bau der Lymphdrüsen und der Peyer'schen Drüsen des Darmes erinnern (Ecker, Brücke, Jendrassik), wogegen die Schilddrüse aus kugeligen, von einem hellen, wässrigen Inhalt erfüllten, Blasen besteht. Der Blutgehalt und die Füllung mit Parenchymsäften wechseln in hohem Grade, ganz besonders aber in der Milz, die einige Stunden nach der Nahrungsaufnahme grösser wird und in gewissen Krankheiten (Wechselfieber) bedeutend anschwellen kann. Die Milz mancher Thiere, nicht aber des Menschen, ist contractil, indem, wie Wagner zeigte, nach galvanischer Reizung das Milzgewebe an der gereizten Stelle härter und blässer wird.

Ueber die Functionen der meisten dieser Organe ist so gut wie Nichts bekannt. Die aus Läppchen conglobirter Drüsensubstanz bestehende Thymus und die nervenreichen Nebennieren scheinen im Embryonalzustand ihrem relativen Gewicht nach zu schliessen, ihre hauptsächlichste Bedeutung zu haben. Die Thymus fehlt ausnahmsweise selbst in Kindern (Friedleben). Jedes dieser Organe kann ausgeschnitten werden, ohne dass (höchstens die Milz ausgenommen) Symptome nachfolgen, die vom Mangel des Organs ableitbar wären. Tritt der Tod bald ein, namentlich nach Ausreissen der Thymus oder der Nebennieren, so ist das Folge der tief eingreifenden Operation. Friedleben hat die Thymus oft ohne Nachtheil ausgerissen. Philipeaux exstirpirte in derselben Ratte Nebennieren, Milz und Schilddrüse ohne Nachtheil.

Am häufigsten ist die Milzexstirpation ausgeführt worden; selbst beim Menschen sind etwa 11 glücklich abgelaufene Fälle vollständiger Milzexstirpation verzeichnet. Oft folgen keine schon auf den ersten Blick auffallenderen Verdauungsstörungen nach. Die Galle soll nicht verändert werden, wohl aber verliert nach Schiff der pankreatische Saft sein Vermögen, Eiweisskörper zu verdauen, während die gleiche Fähigkeit des Magensaftes zunehmen soll. Greift

die letztere compensirende Wirkung gehörig ein, so können die Thiere wohlgenährt bleiben; ist das nicht der Fall, so veranlasst der Abgang unverdauter Eiweisskörper Abmagerung und selbst den Tod, falls nicht der Verlust durch eine, sehr häufig vorhandene, erhöhte Gefrässigkeit des Thieres ersetzt wird. Manchmal wird das Blut fibrinreicher (gewisse krankhafte Milzanschwellungen sind oft mit Fibrinarmuth des Blutes verbunden; das Milzvenenblut ist nach Funke sehr arm an Faserstoff). Unter den anatomischen Veränderungen in Folge des Milzmangels hebt Führer die Anschwellung der Lymphdrüsen, ganz besonders des Unterleibes, aber auch der Brust, des Halses und Kopfes hervor.

Ueber die Bedeutung der Blutgefässdrüsen für die Blutbildung s. 236.

Nach Scherer, Gorup-Besanez, Bödeker, Städeler und Frerichs u. A. enthält der aus diesen Drüsen gepresste Saft unter anderem eine Reihe stickstoffhaltender Abkömmlinge von Eiweisskörpern (Leucin, Tyrosin, Hypoxanthin, Harnsäure), und zwar zum Theil wohl in grösseren Mengen als diess in anderen Organen der Fall ist, sowie Ameisensäure und Milchsäure; ausserdem wurden in der Milz Inosit und Essigsäure, in der Thymus Bernsteinsäure nachgewiesen. Manche wollen darin einen Beweis finden, dass diese Organe der Sitz energischer regressiver Prozesse des Stoffwechsels seien. Von den meisten dieser Körper ist es übrigens zweifelhaft, ob sie als solche im lebenden (normalen) Gewebe bereits vorhanden sind.

236. Bildung der Blutkörperchen.

Die farblosen Körperchen entstehen: 1) im Chylus- und Lymphsystem. Diese Chylus- und Lymphkörperchen werden sodann Bestandtheile des Blutes, d. h. farblose Blutkörperchen (§. 190 und 234).

2) In gewissen Organen. Das Venenblut derselben ist viel reicher an farblosen Körperchen als das zuströmende arterielle Blut; man glaubt sich desshalb zur Annahme berechtigt, diese farblosen Körperchen seien an jenen Stätten neu entstanden. Hierher gehören besonders die Blutgefässdrüsen. Ausserordentlich reich an farblosen Körperchen ist namentlich das Milzvenenblut. Die sogenannten Bläschen und die Pulpa der Milz enthalten wiederum Zellen, die schwer unterscheidbar sind von farblosen Blutkörperchen. Die Wege aber, auf welchen diese Zellen der Blutgefässdrüsen in den Blutstrom gelangen, sind noch nicht gehörig erkannt. Von der Milz nimmt man an, dass die Capillaren frei communiciren mit Lacunenräumen in der Milzpulpa; der Blutstrom würde also die zelligen Elemente der letzteren mit sich fortreissen und in die Milzvene überführen.

Das Lebervenenblut ist nach Lehmann reicher an farblosen Körperchen, als das Pfortaderblut; die Entstehungsweise der farblosen in diesem Organ ist noch weniger erklärlich, als in den Blutgefässdrüsen. In der sog. Leukämie nimmt nach Virchow die Menge der farblosen Körperchen des Blutes krankhafterweise ausserordentlich zu, wogegen die farbigen Körperchen absolut und relativ bedeutend sinken. Die Leukämie ist verbunden mit Affectionen der Milz, Lymphdrüsen und Leber, worin eine gewisse Bestätigung der Function jener Organe als Bildungsstätten farbloser Körperchen liegt.

Die Entstehung der farbigen Blutkörperchen im Erwachsenen, sowie deren endlicher Zerfall gehören zu den unbekanntesten Vorgängen des vegetativen Lebens. Gewöhnlich betrachtet man die kernhaltigen farblosen Körperchen als

als Vorstufen der kernlosen farbigen; über ihre Umwandlung gibt es nur unbeglaubigte Vermuthungen, hinsichtlich welcher auf die Lehrbücher der Gewebelehre verwiesen wird.

Erwägen wir, welch grosse Mengen farbloser Körperchen dem Blute durch den Chylus- und Lymphstrom in kurzer Zeit beigemischt werden, so erscheint deren Schicksal als ein völliges Räthsel. Sie können nur zum kleinsten Theil farbige Blutkörperchen werden und müssen schnell im Blut untergehen. Nach Cohnheim findet bei Entzündungen ein massenhaftes Austreten farbloser Körperchen durch die Wandungen der unversehrten Blutgefässe in die Gewebe statt. Ob dieses bezüglich seines Mechanismus völlig räthselhafte, Austreten von Blutkörperchen auch im Normalzustand Analogien und dadurch eine allgemeine Bedeutung für den Stoffwechsel hat, ist noch nicht entschieden.

Schon ältere Beobachter, in neuester Zeit namentlich Lehmann und Funke behaupteten, das Blut gewisser Gefässe, besonders der Milz- und Lebervenen, sei reich an kleineren, blässeren, gegen verschiedene Zusätze, z. B. Wasser, widerstandsfähigeren, gefärbten Körperchen. Man glaubt dieselben als jüngere Bildungen und die betreffenden Organe als Bildungsstätten farbiger Körperchen betrachten zu dürfen.

Ebenso unbekannt ist der Zerfall der farbigen Blutkörper, ein Process, der von Einigen zum Theil in die Milz verlegt wird. In Schrumpfung begriffene Körperchen gibt es dort in der That.

237. Stoffwechsel der Blutkörperchen.

Sehen wir ab von gewissen, der direkten Beobachtung wirklich zugänglichen Bildungsweisen der Blutkörperchen im Embryo, so liegen über die Bildung, den Stoffwechsel und endlichen Untergang, kurz die ganze Lebensgeschichte des Blutkörperchens im Erwachsenen, nur höchst sparsame und schwer zu deutende Erfahrungen vor. Nach starken Blutverlusten, im Beginn der Reconvalescenz von schweren Krankheiten, nach anhaltendem Hungern hat die Blutmasse und die procentige, also auch die absolute Menge der farbigen Körperchen sehr abgenommen. Nach einer gewissen Zeit, unter Umständen ziemlich bald, ist der Normalzustand wieder erlangt. Hier also hat unzweifelhaft eine energische Neubildung, vielleicht auch eine geminderte Rückbildung von Blutkörperchen stattgefunden. Ausserdem bemerkt man nach Blutverlusten u. s. w., dass die Zahl der farblosen Körperchen im Verhältniss zu den farbigen grösser ist als in der Norm, wiederum eine Stütze für die Vermuthung, dass aus farblosen Körperchen farbige sich bilden werden. Es liegt aber auf der Hand, dass die Blutkörperchen unter gewöhnlichen Verhältnissen ganz anderen Bedingungen unterworfen sind. Es kann keine einzige Thatsache angeführt werden, die als direkter Beweis einer raschen Neubildung und dieser entsprechenden Rückbildung der Blutkörperchen angesehen werden könnte. Wie lange unter solchen Umständen das Körperchen bestehe, darüber haben wir vorerst keine Ahnung; wohl aber lässt sich vermuthen, dass der Stoffwechsel im Körperchen selbst ein sehr reger sein wird, wobei aber dasselbe seine Individualität fortwährend behauptet.

Das Studium des Stoffwechsels des Blutkörperchens ist übrigens denkbar, bis zu einem gewissen Grade, auch ohne die Geschichte seiner Entwicklung und Rückbildung. Dieselbe müsste aber in nichts Geringerem bestehen, als in der

Darlegung der mannigfaltigen Wechselwirkungen der Blutkörperchen mit dem Parenchym der Einzelorgane. Letzteres ist in beständigen endosmotischen Wechselbeziehungen begriffen mit dem Blutplasma; jede, auch die kleinste Veränderung des Plasma verändert aber auch sogleich die Blutkörperchen; diese also müssen sich unfehlbar, activ und passiv, betheiligen an sämmtlichen Processen des Stoffwechsels in allen Capillargefässen des Körpers. Das Blutkörperchen ist demnach ein Vermittler der allerverschiedensten Processe des vegetativen Lebens; es ist eine Zelle der geringsten Specifität, umgeben von einer Intercellularflüssigkeit von gleichem Charakter; dasselbe functionirt unter allen Zellen und Elementartheilen des Organismus in der umfassendsten, vielseitigsten Weise, und eben darin liegt ein Grund, warum diese Functionen so wenig im Einzelnen bekannt sind. Die specialisirten einseitigen Functionen der Organe sind die am Leichtesten erforschbaren. Die Blutkörperchen sind Gasträger; wenn man sie aber vorzugsweis mit der Respiration in Verbindung bringt, so ist das einseitig, denn die Beziehungen der Blutkörperchen zum respiratorischen Gaswechsel sind dem ersten Blick bloss auffallender als zu den übrigen Processen des vegetativen Lebens.

Der zweite Grund, warum eine speciellere Physiologie der Blutkörper zur Zeit noch unmöglich ist, liegt darin, dass die Veränderungen des Blutes während des Durchfliessens durch eine Capillarität jedesmal nur sehr gering, der Beobachtung also fast unzugänglich sind. Gleichwohl aber ist es dem Blutkörperchen nicht verwehrt, in das vegetative Leben auf's Tiefste einzugreifen, eben weil diese Veränderungen in kurzer Zeit sehr oft sich wiederholen. Eine ungeheure Blutmasse nämlich hat in 24 Stunden die Gesammtcapillarität durchflossen, indem das Blut des Menschen in dieser Zeit allermindestens 4000 Umläufe vollbringt.

Gerade die Geringfügigkeit der jedesmaligen Veränderungen, welche die Blutflüssigkeit und das Blutkörperchen bei einem Umlauf erleiden, ist von tiefgreifendster Bedeutung. Wären diese Veränderungen gross, wäre das Blut eine Flüssigkeit von sehr verschiedener Zusammensetzung, so müsste der Stoffwechsel der Organe den grössten Wechselzufällen ausgesetzt sein. Aber nicht bloss in der Schnelligkeit des Kreislaufes liegt eine Gewähr für die Constanz der Blutmischung, sondern auch in dem Vorhandensein der Blutkörperchen selbst. Ein im Gefässsystem umgetriebenes Blutplasma würde sich, den Parenchymsäften gegenüber, als besonderer Saft nicht behaupten können. Die Blutkörperchen, in regen endosmotischen Wechselbeziehungen mit dem Plasma, sichern aber die gleichmässige Zusammensetzung des letzteren.

Das vergleichende Studium des endosmotischen Verhaltens der Blutkörperchen gegen Zusätze zum Blut dürfte manche Aufschlüsse geben über die speciellen Wechselwirkungen, welche zwischen dem Blut und den verschiedenen Körperorganen bestehen.

XIII. Harnbereitung.

238. Harnbestandtheile.

Dieselben zerfallen, wenn man von einigen untergeordneten Bestandtheilen absieht, in 3 Gruppen: 1) Stickstoffhaltige Produkte der Umwandlung der stickstoffhaltigen Körperbestandtheile. Der Stickstoff der Nahrungsmittel kommt, soweit er nicht mit dem Unresorbirten im Koth abgeht, vollständig oder doch grossentheils im Harn wieder zum Vorschein, aber in anderen chemischen Verbindungen, als er eingeführt wurde, als Harnstoff, Harnsäure (Hippursäure, Kreatin und Kreatinin). Diese Körper stellen, da sie in den übrigen Secretionen fehlen oder höchstens in verschwindend kleinen Antheilen vorkommen, die specifischen Bestandtheile des Harnes dar. 2) Wasser und Salze. Die resorbirten Salze der Zufuhren verlassen den Organismus durch den Harn und zwar meist in der nämlichen Form, wie sie eingetreten sind. Sie stellen, sammt dem Wasser, die nicht specifischen, normalen Bestandtheile des Harnes dar und sind als Transportmittel des Stoffwechsels zu betrachten, im Gegensatz zu den Körpern der ersten Gruppe, welche Umsatzprodukte des Stoffwechsels darstellen. 3) Zufällige Bestandtheile. Die meisten der in die Säftemasse zufällig gelangenden Substanzen, z. B. viele medicamentöse Stoffe, werden fast ausschliesslich durch die Nieren ausgeschieden. Dass die Körper der zwei letzten Gruppen nicht erst in den Nieren gebildet werden, versteht sich von selbst; aber sogar die specifischen Bestandtheile des Urins werden den Nieren durch das Blut zugeführt. Die Nieren sind somit bloss Ausscheidungsorgane gewisser Bestandtheile des Blutes.

239. Ort der Harnsecretion.

Die Harnkanälchen münden an den Spitzen der Nierenwärzchen (Malpighi'schen Pyramiden), deren es durchschnittlich 12 gibt und zwar auf jedem Wärzchen mit etwa 300—500 Oeffnungen. Der Harn wird somit durch ungefähr 4—5000 solcher Mündungen in das Nierenbecken abgeführt. In der Marksubstanz verlaufen die mit einer einfachen Epitellage ausgekleideten Kanälchen in gerader Richtung, wobei sie sich wiederholt spitzwinkelig-dichotomisch theilen, ohne aber dabei ihre Lumina beträchtlich zu verringern. In der Rindensubstanz angelangt, nehmen die Harnkanälchen einen gewundenen Verlauf. In der Rindensubstanz befinden sich die sog. Nierenkapseln; den Zusammenhang zwischen den gewundenen Harnkanälchen der Rinde und den Nierenkapseln vermitteln feine, von Henle entdeckte, schleifenförmige Kanäle. Der von der Nierenkapsel ausgehende Schenkel der Schleife verläuft in Win-

dungen zur Marksubstanz und nimmt dann in seinem weiteren Verlauf in letzter eine gerade Richtung an, um später in einen rückläufigen Schenkel umzubiegen, welcher sich in das Harnkanälchensystem der Rinde einsenkt (Ludwig).

Die Niere ist ausgezeichnet durch mehrere Eigenthümlichkeiten der Gefässanordnung, namentlich der Malpighi'schen Gefässknäuel der Rindensubstanz. Jede Nierenkapsel erhält nämlich ein kleines Zweigchen der Nierenarterie (Vas afferens); dieses spaltet sich in eine Anzahl feiner Gefässe, die, ohne vorher zu anastomosiren, sich zu einem rückführenden Gefäss (Vas efferens) vereinen. Die Vasa efferentia lösen sich in feinste Gefässe, das eigentliche Capillarnetz der Nieren auf, welches die Harnkanälchen umspinnt und sodann in die Nierenvenenanfänge übergeht. Ein Theil des Blutes fliesst jedoch aus den Arterien in die Capillaren, ohne den Umweg durch die Malpighi'schen Knäuel zu machen. Die Nieren empfangen absolut und relativ viel Blut; die öfters gehegte Vorstellung eines trägen Blutlaufes in diesem Organe ist so wenig gerechtfertigt, als die analogen Vorurtheile bezüglich des Leberblutlaufes.

Die Harnkanälchen zeigen demnach wesentliche Verschiedenheiten in ihrem Verlauf, und es fragt sich, ob sie auch funktionell verschieden sind. Gewöhnlich bejaht man letztere Frage, ohne freilich mehr geben zu können, als allgemeine Aussagen oder werthlose Hypothesen. Die gewundenen Harnkanälchen stellen wohl eine zu geringe Secretionsfläche dar; die Harnbildung dürfte daher, vielleicht in qualitativ anderer Weise, auch in den geraden Kanälchen der Marksubstanz erfolgen. Wittich wies in den Epitelzellen der geraden Kanälchen der Vogelniere Harnsäure nach.

240. Funktionen der Harnbehälter.

Die Fortbewegung des Harnes in den Harnkanälchen geschieht durch den Secretdruck von hinten her. Die Druckwechsel, welchen die Unterleibseingeweide unterworfen sind, z. B. bei den Athembewegungen, dürften von begünstigendem Einfluss sein.

Der im Nierenbecken angesammelte Harn wird durch häufig sich wiederholende Contractionen der organischen Muskelfasern des Harnleiters schnell in die Harnblase übergeführt. Bei einer nicht ganz seltenen Missbildung (Inversio vesicae) fehlen Schaambeinsymphyse, vordere Blasenwand und die entsprechende Stelle der Bauchwand, während an der umgestülpten Hinterwand beide Harnleitermündungen bloss liegen. Aus den letzteren tritt, bei mässiger Secretion, der Harn tropfenweis hervor, etwa alle $^3/_4$ Minuten (Mulder); nach übermässigem Wassertrinken kann er sogar in einem Strahl abfliessen.

Ein geringer Inhalt der Blase erfordert keine Muskelkräfte für den Verschluss. Nimmt aber die Füllung zu, so steigt die Spannung des Harnes und der nöthige Verschluss wird besorgt 1) durch die (von Manchen geläugnete) um den Blasenhals kreisförmig gelagerte dünne Schicht organischer Muskelfasern (Sphincter vesicae), vorzugsweis aber 2) durch die quergestreifte Muskelschicht der Pars membranacea der Harnröhre (Sphincter urethrae). Die stärkere Ansammlung des Harnes bewirkt reflectorische, mit unangenehmen Gemeingefühlen verbundene, Contractionen der nach verschiedenen Richtungen verlaufenden

Muskulatur des Blasenkörpers, wodurch die Spannung des Harnes gesteigert wird. Die Längsmuskelschicht der Blase wirkt vielleicht, nach Kohlrausch, als Antagonist des Sphincter's, indem diejenigen Längsfasern, die sich zwischen den Sphincterfasern einsenken und mit denselben kreuzen, die Harnröhrenmündung eröffnen. Der Sphincter der Urethra ist dem Willen unterworfen. Nach Erschlaffung der Sphincteren erfolgt die Austreibung des gespannten Harnes entweder durch die blosse Elasticität der Blase, oder unter activer Beihülfe der Muskulatur der Blase. Pressung der Unterleibseingeweide durch die Muskeln der Bauchwand beschleunigt die Entleerung; die letzten Tropfen treibt der M. bulbo-cavernosus stossweiss aus der Harnröhre.

Die Harnblasennervengeflechte gehen zunächst beiderseits aus dem Plexus hypogastricus inferior hervor; die meisten Nervenfasern stammen übrigens nicht aus dem Sympathicus, sondern vom Rückenmark, von wo aus sie sich dem hypogastrischen Geflecht beimischen durch die Bahnen 1) des 3. 4. (und beim Hund 5. ?) Nervus sacralis und 2) der unteren Lendennerven, welche durch ihre Rami communicantes mit dem Lumbaltheil des sympathischen Grenzstrangs zusammenhängen. Contraction der Harnblase erhielten Budge und Gianuzzi 1) nach Reizung des Rückenmarkes bis hinauf zum verlängerten Mark und den Hirnstielen. Rückenmarkslähmungen, namentlich der unteren Portionen, sind verbunden mit bedeutender Ausdehnung der Blase, aus welcher der stark gespannte Harn öfters tropfenweis unwillkürlich abfliesst. Diese Harnverhaltung kann abhängen: von Lähmung des Blasenkörpers, oder von übermässiger Reflexthätigkeit der Sphincteren, oder von beiden Ursachen zugleich. Das spinale Centrum des Blasensphincter's des Kaninchen's liegt auf der Höhe des 7. Lendenwirbels. 2) nach Ansprache der genannten (motorischen) Sacralnerven; 3) nach Ansprache des Lumbaltheiles des Grenzstranges, jedoch wahrscheinlich nur als durch die Rami communicantes und den Lendentheil des Rückenmarkes vermittelte Reflexbewegung.

241. Chemische Zusammensetzung des Urins.

Die Hauptbestandtheile des Harnes, mittlere Verhältnisse, namentlich gewöhnliche Speise- und Getränkemengen, sowie eine mittlere Lufttemperatur vorausgesetzt, bieten innerhalb 24 Stunden folgende Werthe in Grammen: Wasser 1600—1700, Summe aller festen Bestandtheile 65—70, Harnstoff 30—38, Harnsäure $^1/_3$—$^3/_4$, unorganische Verbindungen überhaupt 23—28 Grammen. Die sog. Extractmaterien werden zu etwa 3—5 Gr. veranschlagt.

Die Säuren der Harnsalze sind: Chlor $10^1/_2$, Phosphorsäure $2^1/_2$—$3^1/_2$, Schwefelsäure $1^1/_2$—2 Grammen. Als Basen treten auf namentlich Natron, Kali, Kalk und Magnesia. Die täglichen Mengen der hauptsächlichsten Urinsalze betragen in Grammen: Chlornatrium 17—18, saures phosphorsaures Natron (NaO, 2 HO, PO^5) 3—4, Erdphosphate 1 (nämlich phosphorsaurer Kalk (CaO, 2 HO . PO^5) und phosphorsaure Magnesia, 2 Mg O, PO^5, in wechselnden

gegenseitigen Verhältnissen), schwefelsaures Kali (alle Schwefelsäure an Kali gebunden berechnet) 3—4½ Gramme. Die Erdphosphate werden vom sauren Natronphosphat in Lösung erhalten. Die schwer lösliche Harnsäure ist an Natron gebunden (saures harnsaures Natron). Sehr kleine Mengen Eisen finden sich beständig. Das regelmässige Vorkommen von Ammoniaksalzen auch im frischen Harn, allerdings nur in sehr kleinen Antheilen, scheint nicht geläugnet werden zu können. Ausserdem findet sich Kohlensäure und zwar frei oder gebunden an Alkalien; besonders nach dem Genuss kohlensaurer und neutraler pflanzensaurer Alkalien, also in wechselnden, unbeständigen Mengen.

Wichtiger sind die Kohlensäure sowie deren Alkali- und Erdsalze in dem alkalischen Harn der Pflanzenfresser. Die Kohlensäure hält hier die kohlensauren Erdsalze in Lösung; entweicht erstere aber nach dem Lassen, so scheiden sich die Erdsalze ab. Die Phosphate verschwinden im Harn der Pflanzenfresser fast gänzlich.

Von sonstigen Bestandtheilen, ehedem als »Extractmaterien« zusammengefasst und meist in sehr kleinen Antheilen vorkommend, sind hervorzuheben: 1) Kreatinin, und (im alkalischen Harn) Kreatin, nach Neubauer zu 0,8 Gr. in 24 Stunden; Fleischreiche Nahrung vermehrt dasselbe (Voit). 2) Fette in sehr geringer Menge, namentlich bei fettreicher Nahrung und geringer Bewegung (Bidder). 3) Harnfarbstoff. 4) Ueber Harnzucker s. 252. 5) Auch enthält der Harn eine nicht näher charakterisirte Substanz, die das Vermögen besitzt, Amylon in Zucker umzuwandeln (Béchamp, Vintschgau).

Zu den bemerkenswertheren nicht beständigen Bestandtheilen gehören: Hippursäure und Bernsteinsäure (251), Oxalsaurer Kalk und nach Lehmann unter Umständen (bei starkem Zucker- oder Amylongenuss?) milchsaure Salze.

1000 C. C. M. Harn enthalten durchschnittlich etwa 40 Gramme fester Bestandtheile, aus welchen hervorzuheben sind: Harnstoff 24, Harnsäure 0,4, Chlornatrium 10—11, Phosphorsäure 2—2¼, Schwefelsäure 1⅓ Gramme.

Der Harn enthält nach Planer in 100 Volumina 4—11 Volumprocente absorbirter Gase (berechnet auf 0° und Barometermittel), und zwar, ausser kleinen Antheilen Sauerstoff und Stickgas, ganz vorzugsweis Kohlensäuregas. Dazu kommen 2—5 Volumprocente gebundene Kohlensäure. Der Absorptionscoëfficient des Harnes für genannte Gase weicht von dem des Wassers nicht wesentlich ab.

Nach Kaupp erleidet der Harn keine unbeträchtlichen Veränderungen in der Blase und zwar durch theilweise Resorption mehrerer seiner Bestandtheile, vorzugsweise des Wassers; daher eine merkliche Zunahme der Concentration beim längeren Aufenthalt in der Blase. Die Resorptionskraft der Blasenschleimhaut für Gifte hat Orfila nachgewiesen. Kaupp verglich die innerhalb 12 Tagesstunden erfolgende Harnsecretion, indem er entweder stündliche Harnentleerungen, oder nur eine einzige Entleerung am Ende der zwölfstündigen Versuchszeit vornahm. Er enthielt in Grammen:

	12maliges Harnlassen	1maliges Harnlassen
Wasser	896	808
Harnstoff	18,8	17,9
Chlornatrium	12,3	11,5
Phosphorsäure	1,86	1,68
Schwefelsäure	1,09	1,03
Summe der Fixa	43,8	41,7.

242. Titrirmethoden.

Einige der wichtigsten Harnbestandtheile können mittelst der, hier namentlich von Liebig eingeführten, volumetrischen Methode quantitativ bestimmt werden. Diese in kurzer Zeit ausführbaren Proceduren sind besonders dann von Werth, wenn es sich, wie so häufig bei physiologischen und medicinischen Untersuchungen, um zahlreiche Wiederholung der Erfahrungen handelt.

Zu diesem Zwecke dient ein passendes Reagens in einer Lösung von bestimmtem Gehalt; zur Erleichterung der Berechnung soll 1 Cub. Cent. Met. Reagenslösung genau 10 Milligramme des fraglichen Harnbestandtheils ausfällen. Solche Lösungen heissen titrirte. Hat man nun zum abgemessenen Harnvolum (z. B. 10 Cub. Cent. Met.) aus einer mit dem Reagensfluidum gefüllten Glasröhre nach und nach soviel Reagens hinzugefügt, bis das Ende der Reaction genau erreicht ist, so ergibt sich die, in dem verwendeten Harnvolum enthaltene Menge des fraglichen Harnbestandtheiles einfach durch Ablesung der verbrauchten Volume der Reagensflüssigkeit an der graduirten Glasröhre. Nur einige der üblichsten Titrirmethoden können hier im Princip kurz angedeutet werden, mit Umgehung selbst der nothwendigsten Nebenbedingungen und Cautelen.

Chlornatrium. Setzt man zum Harn eine Lösung von salpetersaurem Quecksilberoxyd, so entsteht ein weisser Niederschlag von Harnstoffquecksilberoxyd. Dieser verschwindet aber sogleich, zufolge der Anwesenheit von Kochsalz, d. h. es entsteht salpetersaures Natron und Quecksilberchlorid. Endlich ist soviel Titrirflüssigkeit zugesetzt, dass alles Kochsalz in Quecksilberchlorid verwandelt ist; ein weiterer Tropfen Titrirflüssigkeit bewirkt nunmehr eine bleibende Trübung von Harnstoffquecksilberoxyd. Auf diesen Punkt der bleibenden Trübung kommt es an.

Harnstoff. Titrirfluidum: wiederum eine salpetersaure Quecksilberoxydlösung. Es entsteht (nach Ausfällung des Kochsalzes) der erwähnte weisse Niederschlag. Setzt man von Zeit zu Zeit zu einem, auf eine Glasplatte gebrachten Tropfen des mit Titrirfluidum vermischten Harnes einen Tropfen kohlensaure Natronlösung, so bleibt der Tropfen so lange weiss, als noch nicht aller Harnstoff durch das Quecksilbersalz ausgefällt ist. Ist aber letzterer Punkt erreicht, resp. ein wenig überschritten, d. h. befindet sich etwas salpetersaures Quecksilber im Harn, so wird ein Tropfen des letzteren durch den Natronzusatz gelb, indem sich Quecksilberoxydhydrat ausscheidet. Auf diesen Punkt der beginnenden gelben Färbung kommt es an.

Phosphorsäure. Setzt man Eisenchloridlösung zum Harn, so entsteht ein gelber Niederschlag von phosphorsaurem Eisenoxyd. Endlich kommt ein Punkt, wo alle Phosphorsäure verbunden ist mit dem Eisen; wird dann derselbe etwas überschritten, so wird die Anwesenheit des zuviel zugesetzten Eisens in einer filtrirten Probe der Mischung angezeigt durch Ferrocyankalium. Es entsteht eine blaue Färbung. Besser ist nach Leconte und Neubauer zur

Phosphorsäurebestimmung eine titrirte Lösung von essigsaurem Uranoxyd. Dabei fällt phosphorsaures Uranoxyd nieder und der geringste Ueberschuss zugesetzter Titrirflüssigkeit wird durch Ferrocyankalium angezeigt; es entsteht eine röthliche Färbung.

Schwefelsäure. Man setzt zum Harn so lang Chlorbaryumlösung, als ein Niederschlag von schwefelsaurem Baryt entsteht.

Wegen der chemischen und physikalischen Eigenschaften der Harnbestandtheile, ihrer qualitativen Nachweisung, der mikroskopischen Untersuchung ihrer Krystallformen u. s. w., wird auf die chemischen Lehrbücher verwiesen.

243. Physikalische Eigenschaften des Urins.

Der Menschenharn ist klar, ohne morphologische Beimischungen (höchst sparsame Epitelzellen und sog. Schleimkörperchen, namentlich aus der Blase, kommen im Normalharn kaum in Betracht), gelblich, nach reichlichem Wassertrinken aber nahezu farblos, und anderseits bei bedeutend geminderter Secretion stark rothgelb. Das mittlere specifische Gewicht beträgt 1018 (anhaltende Werthe über 1030 sind abnorm; solche unter 1006 kommen nach starkem Wassertrinken vorübergehend vor).

Der gelbe Harnfarbstoff ist, wegen seiner Geneigtheit zu Umsetzungen und seines Vorkommens in sehr kleinen Mengen wenig gekannt. Eine Modifikation desselben ist der in Harnsedimenten bei Entzündungsfiebern vorkommende rothe Farbstoff.

Die saure Reaction des Harnes ist nach Liebig bedingt durch saures phosphorsaures Natron; ausnahmsweis kann freie Hippursäure (und Milchsäure) die Reaction verstärken. Einige Zeit nach dem Lassen zeigt sich gewöhnlich ein leichtes Schleimwölkchen im Harn; später erscheinen amorphe, in der Wärme wieder lösliche, meist gelbliche Niederschläge von harnsaurem Natron, deren Entstehung noch nicht gehörig erklärt ist. Die Säuerung nimmt einige Tage, oder selbst 2—3 Wochen hindurch zu, unter Bildung von Milchsäure oder Essigsäure, und zwar aus gewissen Extractivstoffen des Harnes (Lehmann), in Folge der Wirkung eines nicht näher gekannten Fermentes (vielleicht des Blasenschleimes Scherer). Jene starken Säuren zerlegen die harnsauren Salze und es fällt Harnsäure in Krystallform, wegen anhaftendem Farbstoff als röthliches Sediment, aus. Zugleich bilden sich bei dieser sog. sauren Harngährung zahlreiche Hefepilze.

Zur Bestimmung des Säuregrades neutralisirt man den Harn (etwa 50 C. C. M.) mit einer titrirten Aetznatronlösung, von welcher 1 C. C. M. 10 Milligramme Oxalsäure sättigt. Das Volum der verbrauchten Natronlösung gibt den Säuregrad des Urines an; letzterer ist im Mittel für 24 Stunden = 2 bis 4 Grammen Oxalsäure.

Später tritt alkalische Gährung ein, indem sich der Harnstoff (unter Wasseraufnahme) in kohlensaures Ammoniak umsetzt. Die Reaction wird zunehmend alkalischer, der Harn riecht stark ammoniakalisch, die Harnsäurekrystalle verschwinden, dagegen treten Sedimente auf von harnsaurem Ammoniak (amorph, oder zu zackigen Kugelformen aggregirt) und von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia (grosse Krystalle, meist in sog. Sargdeckel- oder Briefcouvert-

form). Die alkalische Gährung bleibt in der Regel aus, wenn der Harn in gut verschlossenem Gefäss vor Luftzutritt bewahrt wird. Als Ferment bei der alkalischen Gährung wirken nach Tieghem ausserordentlich kleine, aus der Luft herstammende Torulaceenzellen, die sich während der Gährung stark vermehren. Das aus ammoniakalischem Harn durch Filtriren abgeschiedene, und durch Auswaschen mit Wasser gereinigte Ferment verwandelt frischen Harn oder Harnstoff bei gehöriger Temperatur rasch in kohlensaures Ammoniak.

1 Molecül Harnstoff ($C_2 H_4 N_2 O_2$) + 2 Mol. Wasser ($H_4 O_4$) = 2 Mol. kohlensaures Ammoniumoxyd ($C_2 O_4 + N_2 H_8 O_2$).

244. Harnmenge.

Die Angaben über die physiologischen Schwankungen des 24stündigen Harnvolums, mässigere Getränkmengen vorausgesetzt, liegen etwa zwischen 700—2400 Cub. Cent. Met. Ausser der Abnahme der Getränkemenge mindern besonders Temperaturerhöhung und starkes Schwitzen das Harnvolum. Die tägliche Harnmenge schwankt in demselben Menschen bei gewöhnlicher Lebensweise, wobei die Getränkezufuhr dem Durst gemäss geregelt wird, in einem längeren Zeitraum um das 3—4fache; bei einer Tag für Tag genau gleichen Beköstigung dagegen erhält man die von der Wasserzufuhr unabhängigen, durch innere Körperzustände und unvermeidliche äussere Einflüsse (Temperatur, Feuchtigkeit u. s. w.) bedingten Schwankungen der Nierenthätigkeit; Minimum und Maximum verhalten sich nunmehr wie 1 : 2 (Kaupp).

Die Harnmenge kann innerhalb einer gewissen Grenze gesteigert werden durch reichlicheres Trinken. Die Aufgaben des physiologischen Versuches sind dabei zweifache: 1) Einmalige Wassereinverleibung. Nach Falck erreicht die Urinabsonderung etwa 2 Stunden nach dem Trinken ihren Höhepunkt, um nach 2—3 weiteren Stunden auf die gewöhnliche Stärke herabzusinken.

Ferber hat den Gang der Secretion genau verfolgt. Er trank vor 6 Uhr Morgens innerhalb 15 Minuten (kurze Einverleibungszeiten sind unerlässlich) variable Wassermengen und erhielt im Endmittel folgende stündliche Urinmengen in C. C. M. (Die Decimalen sind weggelassen.)

Getrunkenes Wasser in C. C. M.	Stunde 6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	Gesammtes Harnvolum.
Null	53	60	80	61	47	35	336
(300	61	56	65	50	35	27	294)
600	74	142	155	69	41	32	513
900	196	287	167	82	52	42	826
1200	346	494	191	81	61	41	1214
1500	382	468	154	83	54	74	1186
1800	325	721	237	69	45	36	1433

2) Fortgesetztes Wassertrinken, wobei statt der plötzlichen Ueberschwemmung des Nahrungsschlauches mit Wasser, welcher ziemlich bald der frühere Zustand nachfolgt, die Wasserzufuhren längere Zeit hindurch in verhältnissmässigen Einzelportionen stattfinden. Der Körper erreicht bald eine

Art Beharrungszustand, d. h. bestimmten, fortgesetzt einverleibten, Wassermengen entsprechen Urine von bestimmten Durchschnittsmengen und Qualitäten. Systematisch fortgesetzte Versuche fehlen; wir unterlassen desshalb die Angabe der mehr kasuistischen Ergebnisse.

245. Beziehungen zwischen Harnstoff und Harnsäure.

Der Harnstoff, ein basischer Körper, ausgezeichnet durch seinen hohen Stickstoffgehalt und von gleicher elementarer Zusammensetzung (C_2 H_4 N_2 O_2) mit dem cyansauren Ammoniak, bildet im Menschenharn den Hauptbestandtheil, während die stickstoffärmere Harnsäure in sehr viel geringerer Menge auftritt. Beide Bestandtheile werden vermehrt bei reiner Fleischkost, gemindert bei vegetabilischer, namentlich aber bei stickstofffreier Nahrung. Lehmann erhielt folgende tägliche Harnstoffmengen: gemischte Kost 32½ Grammen, animalische 53, vegetabilische 22½, stickstofflose 15½ (s. 279). Selbst bei lange fortgesetztem Hungern hört die Harnstoffbildung nicht völlig auf; der Harnstoff entsteht demnach aus den Stickstoffhaltigen Bestandtheilen der Gewebe und ist als das Endprodukt der regressiven Metamorphose derselben zu betrachten.

Harnsäure und Harnstoff stehen in nächster Beziehung zu einander. Die Harnsäure (die als Glycocyanursäure betrachtet werden kann) ist leicht zersetzbar durch oxydirende Mittel. Wird sie z. B. mit Bleiüberoxyd behandelt, so entstehen als Spaltungsprodukte Allantoin, Kohlensäure, Oxalsäure und Harnstoff. Aehnliche Zersetzungsprodukte erhielt Gorup-Besanez beim Behandeln von in Wasser aufgeschwemmter Harnsäure mit Ozon. Wahrscheinlich ist auch im Organismus die Harnsäure eine Vorstufe des Harnstoffes; denn: 1) nach Einnehmen von harnsauren Salzen zeigt der Menschenharn, neben Krystallen von oxalsaurem Kalk, vermehrte Harnstoffmengen (Wöhler und Frerichs), der Kaninchenharn dagegen nur eine Harnstoffzunahme (Neubauer). 2) Im Harn der grasfressenden Säuger fehlt zwar die Harnsäure, wogegen sie bei diesen und anderen Thieren in mehreren Organen, z. B. Milz, Leber, Lunge, Gehirn, nachgewiesen wurde. Im Grasfresser metamorphosirt sich also alle beim Umsatz der Stickstoffhaltenden Bestandtheile entstandene Harnsäure in Harnstoff, während im Harn des Menschen und der fleischfressenden Säuger neben überwiegenden Mengen Harnstoff nur kleine Antheile Harnsäure unverändert ausgeschieden werden und endlich im Harn der Vögel und Reptilien die Harnsäure ausschliesslich oder neben nur sehr geringen Harnstoffmengen auftritt.

246. Nebenprodukte der Harnsäureumwandelung.

Nach den Erfahrungen der Chemiker spaltet sich die Harnsäure, wenn sie mit oxydirenden Substanzen behandelt wird, in verschiedene (zum Theil im vorigen § erwähnte) Umsatzkörper, unter denen der Harnstoff der bemerkens-

wertheste ist. Von diesen künstlichen Umsatzprodukten der Harnsäure haben mehrere ein unmittelbares physiologisches oder pathologisches Interesse, insofern sie im Harn ebenfalls unter Umständen zum Vorschein kommen. Diess ist häufig der Fall, wenn die Oxydation, also die vollständige oder nahezu vollständige Ueberführung der Harnsäure in die Endprodukte: Harnstoff und Kohlensäure mehr oder weniger gehemmt ist; die Harnsäure nimmt alsdann absolut und (was für diese Zustände charakteristischer ist) relativ zum Harnstoff zu, oder es kommen selbst kleine Mengen von Allantoin oder Oxalsäure im Urin zum Vorschein.

Allantoin, ein Stickstoffhaltiger Körper, kommt vor in der Allantoisflüssigkeit (661), sowie nach Wöhler im Harn saugender Kälber, oder in einzelnen Fällen chronischer Respirationsstörungen beim Menschen (Städeler); nicht aber im gesunden Menschenharn. Durch Alkalien wird Allantoin beim Kochen in Oxalsäure und Ammoniak, durch Salpetersäure aber in Harnstoff verwandelt; wird es innerlich genommen, so steigt der Harnstoffgehalt des Urines.

Auch das Vorkommen von Oxalsäure im Urin ist wohl erklärlich. Die beim Stoffwechsel sich abspaltende Oxalsäure wird gewöhnlich weiter oxydirt, d. h. in Kohlensäure und Wasser übergeführt; bei gehemmter Sauerstoffeinwirkung erfolgt aber diese Umwandlung nicht vollständig, und es wird Oxalsäure in etwas grösserer Menge als normaliter im Harn ausgeschieden. Diess ist nach Lehmann besonders der Fall nach dem Genuss kohlensäurereicher Getränke, oder 2fach kohlensaurer Alkalien, oder organisch-saurer Alkalisalze (die im Körper in kohlensaure übergehen), kurz immer, wenn das Blut mit Kohlensäure überladen wird, also auch bei gestörter Athmung.

Nach dem Einnehmen von Oxalsäure (dieselbe ist auch in gewissen Pflanzen, z. B. Rumex- und Oxalisarten enthalten) kommen die zierlichen Krystalle von oxalsaurem Kalk in Menge im Urin zum Vorschein. Das saure phosphorsaure Natron hält den schwer löslichen oxalsauren Kalk in Lösung (Neubauer).

247. Vorstufen der Harnsäure.

Darf die Harnsäure als eine Hauptquelle des Harnstoffs gelten, so entsteht die Frage, wie bildet sie sich im Organismus? Dass beide Verbindungen aus dem Umsatz der Stickstoffhaltenden Körperbestandtheile abzuleiten sind, kann nicht zweifelhaft sein, obschon alle Bemühungen, aus Eiweisskörpern mittelst oxydirender Substanzen Harnsäure oder Harnstoff darzustellen, bis jetzt vergeblich waren. Der Uebergang ist kein direkter, sondern es liegt zwischen den Ursprungskörpern und dem Stickstoffhaltenden Endprodukte des Stoffwechsels eine Reihe, der regressiven Metamorphose angehöriger Zwischenkörper. Ist auch die Bildung der Harnsäure im Organismus selbst nicht näher gekannt, so liegen doch chemische Thatsachen vor, die auf Vorstufen der Harnsäure mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit hinweisen; dabei sind selbstverständlich diejenigen Körper besonders zu beachten, welche künstlich in Harnsäure sich umwandeln

lassen oder die wenigstens dieselben Zersetzungsprodukte liefern wie die Harnsäure. Kommen gar solche Verbindungen im Urin sowie, in Gesellschaft mit Harnsäure, auch in Körperorganen vor, oder hat ihre Einverleibung in den Magen eine Vermehrung der Harnstoffausscheidung zur Folge, so wird ihre Bedeutung für die vorliegende Frage wesentlich erhöht. Hieher gehören:

1) Guanin, im peruanischen Guano, dem Pankreas und der Leber nachgewiesen. 2) Hypoxanthin; in einigen Drüsen, relativ reichlich in den Muskeln (daher von Strecker Sarcin genannt). 3) Xanthin, in Muskeln und vielen Drüsen, auch im Harn, sehr selten in Harnsteinen. Beide erstgenannten Körper hat Strecker durch oxydirende Mittel (salpetrige Säure) in Xanthin übergeführt; es gelang zwar noch nicht, Xanthin in Harnsäure umzusetzen, doch liefert es Zersetzungsprodukte wie die Harnsäure selbst; auch steigt der Harnstoff des Urins, wenn Guanin innerlich genommen wird (Kerner).

1.	Guanin	C_{10}	H_5	N_5	O_2
2.	Hypoxanthin . . .	C_{10}	H_4	N_4	O_2
3.	Xanthin	C_{10}	H_4	N_4	O_4
4.	Harnsäure	C_{10}	H_4	N_4	O_6

2—4 bilden eine homologe Reihe, deren Anfangsglieder niedere Oxydationsstufen eines gemeinsamen Stickstoffhaltenden Radicals darstellen; Guanin verwandelt sich durch Austritt von 1 Atom H und N in Hypoxanthin.

248. Andere Ursprungskörper des Harnstoffs.

Die Harnsäure, sowie deren in beiden vorherigen §§ wahrscheinlich gemachten Ursprungskörper einerseits, oder deren Stickstoffhaltende Spaltungsprodukte (Allantoin) andererseits, sind nicht die einzigen Vorstufen des Harnstoffs. In verschiedenen Organen wurden zwei Stickstoffhaltende Basen nachgewiesen: Kreatin, $C_8 H_9 N_3 O_4$ und Kreatinin, $C_8 H_7 N_3 O_2$; erstere findet sich besonders in den Muskeln (nach Neubauer zu etwa 2 p. Mille), letztere vorzugsweis im Urin.

Kreatin geht leicht, z. B. schon beim längeren Erwärmen seiner wässrigen Lösung in Kreatinin über. Das Kreatinin des Harnes stammt sehr wahrscheinlich vom Kreatin der Muskeln; auch nimmt der Kreatiningehalt des Harnes zu mit der Zunahme der Fleischzufuhr in der Nahrung. Das Blut enthält Kreatin, wahrscheinlich aber kein Kreatinin. Letzterer Körper entsteht aus Kreatin in der Niere, wenn der Harn sauer abgesondert wird; wird aber der Harn des Fleischfressers alkalisch abgesondert, so enthält er mehr Kreatin als Kreatinin (Voit).

Das Kreatin spaltet sich (bei Einwirkung von Alkalien) unter Wasseraufnahme in Harnstoff und einen neuen Stickstoffhaltenden Körper, Sarcosin. Letzterer wurde im Organismus zwar noch nicht nachgewiesen, doch ist wenigstens die Möglichkeit einer theilweisen Umsetzung des Kreatin in Harnstoff im Organismus von vornherein zugegeben. Nach Munk soll Einverleibung von Kreatin in den Magen den Harnstoff- und Kreatiningehalt des Urins vermehren; die Umwandlung in Harnstoff läugnen aber Meissner und Voit. Letzterer fand bei einem Hund, der so gefüttert wurde, dass die Harnstoff-

ausfuhr dem Stickstoff der Zufuhr genau entsprach, keine Vermehrung des Harnstoffes in Folge von Zusatz von Kreatin zur Nahrung (s. auch 225 Anm.).

Das Glycocoll, eine Stickstoffhaltende Basis, kommt zwar im Körper als solches nicht vor, dagegen ist es ein Zersetzungsprodukt der leimgebenden Gewebe und kann auch aus der Glycocholsäure der Galle abgespalten werden (s. auch 251). Da die Gallensäuren aus dem Darm wieder resorbirt werden und sodann weiteren Umwandlungen entgegengehen, so ist die Vermuthung, dass deren stickstoffhaltige Paarlinge bei der Harnstoffbildung betheiligt seien, um so näher gelegt, als Horsford nach dem Einnehmen von Glycocoll den Harnstoffgehalt des Urins vermehrt fand. Die Harnsäure kann (s. 245) als aus den Elementen des Glycocoll und der Cyanursäure zusammengesetzt gedacht werden. Was den andern Stickstoffhaltenden Paarling der Cholsäure betrifft, das Schwefelhaltende Taurin, so wurde dasselbe in der Säugthierlunge, den Muskeln und in verschiedenen Organen der Knorpelfische, sowie auch als abnormer Harnbestandtheil nachgewiesen. Seine Metamorphosen im Stoffwechsel und etwaigen Beziehungen zum Harnstoff sind aber unbekannt.

Cystin, ebenfalls eine Schwefel- und Stickstoffhaltende Basis, kommt ausnahmsweis in krankem Urin, sehr selten auch in Harnsteinen vor. Näheres über dessen Bedeutung und sein etwaiges Verhältniss zum Harnstoff ist nicht bekannt. Dasselbe gilt von dem, dem Glycocoll homologen Leucin, $C_{12}\ H_{13}\ NO_4$, und dem dasselbe oft begleitenden Tyrosin, $C_{18}\ H_{11}\ NO_6$. Beide Körper entstehen sehr leicht beim Zerfall von Eiweisssubstanzen und anderen Stickstoffhaltenden Verbindungen; der erstere wurde von Frerichs und Städeler namentlich in vielen Drüsen, sowie im Gehirn nachgewiesen, während er im Blut und Harn nur ausnahmsweis in Krankheiten erscheint.

249. Ort der Harnstoffbildung.

Der Gehalt der Gewebe und Organe an Eiweisskörpern oder sonstigen Stickstoffverbindungen (z. B. Leimgebenden Substanzen) weist darauf hin, dass in ihnen Harnstoff oder doch dessen Vorstufen entstehen werden; aber man hat andererseits auch keine triftigen Gründe, um die Bildung von, der regressiven Metamorphose angehörenden, Stickstoffhaltenden Körpern, also auch von Harnstoff, in der Blutmasse selbst zu läugnen. Wenn Thiere bei unbeschränkter Fleischnahrung ungeheure Mengen Harnstoff alsbald ausscheiden (279), so liegt die Annahme nahe, dass die von ihnen im Uebermaass assimilirte Nahrung nicht wohl der progressiven und regressiven Metamorphose der Stickstoffhaltenden Gewebe ausschliesslich gedient haben; eine gewisse Menge von Harnstoff dürfte dann im Blut und den, die Gewebe durchdringenden Parenchymsäften entstehen. Ueber den Antheil der Einzelgewebe, sowie der Säftemasse bei diesen Vorgängen fehlen alle Anhaltspunkte. In Warmblütern konnte Harnstoff bis jetzt fast nur im Blut und den Augenflüssigkeiten nachgewiesen werden (von seinem Vorkommen in gewissen Absonderungen, sowie bei Störungen der Nierenthätigkeit in den Geweben selbst, müssen wir absehen); nur in den Muskeln und anderen Organen von Knorpelfischen und in den Muskeln des Alligator's wurde das Vorkommen von Harnstoff durch Frerichs, Stä-

deler und Carius bestätigt. Wahrscheinlich geht der Harnstoff im Warmblüter aus den Geweben, kaum gebildet, sogleich in die Blutmasse über, sodass jeder, auch nur geringen Ansammlung desselben in den Geweben vorgebeugt ist. Harnsäure wurde, wie schon bemerkt, in vielen Organen nachgewiesen. Das Weitere s. 255.

250. Rückbildung der stickstoffhaltenden Verbindungen.

Der Harnstoff stellt demnach das Stickstoffige Endprodukt der rückschreitenden Metamorphose der Stickstoffhaltenden Körperbestandtheile, vor allem der Eiweisssubstanzen dar. Die wahre chemische Constitution der letzteren ist bekanntlich noch nicht aufgeklärt, man vermuthet übrigens in denselben zunächst einen Stickstoffhaltenden und einen Stickstofffreien Atomencomplex und findet auch in Erscheinungen des thierischen Stoffwechsels Anhaltspunkte für diese Anschauung. Die Eiweisskörper, und die in den vorhergehenden §§ betrachteten chemischen Vorläufer der Harnsäure, sowie diese letztere selbst, zerfallen nämlich bei ihren Zersetzungen in Stickstoffige Verbindungen einerseits und Stickstoffarme oder Stickstofffreie Körper andererseits. Die Stickstofffreien Spaltungsprodukte, wenn sie vollständig oxydirt werden, verlassen den Körper in Form von Kohlensäure, die Stickstoffhaltenden, falls sie die ganze Metamorphose durchlaufen, in Form von Harnstoff. Dabei wandeln sich die letzteren in zunehmend einfachere Molecüle um, mit immer niederer werdenden Atomzahlen, in welchen zugleich die Zahl der C-atome verhältnissmässig zurücktritt gegenüber den N- und O-atomen; sie nähern sich immer mehr dem Ammoniaktypus und stehen endlich, auf der Stufe des Harnstoffs angelangt, an der Grenze des Organischen und Unorganischen, insofern der Harnstoff (der als Amid der Kohlensäure betrachtet wird) sehr geneigt ist, ausserhalb des Körpers in kohlensaures Ammoniak sich umzusetzen. Im Organismus selbst geschieht jedoch, wenigstens unter normalen Verhältnissen, diese Umsetzung nicht; selbst nach dem Einnehmen von Harnstoff wird bloss der Harnstoffgehalt des Urins vermehrt (Wöhler und Frerichs).

Unter verschiedenen physiologischen und pathologischen Bedingungen, sowie in vielen Thieren, erreichen übrigens die Stickstoffhaltenden Rückbildungskörper die Stufe des Harnstoffs nicht; die Harnsäure stellt alsdann den hauptsächlichsten Stickstoffigen Ausscheidungskörper dar; bei den Arachniden verfällt sogar schon das Guanin, also eine noch sehr oxydationsfähige Verbindung, der Ausscheidung, indem die Excremente derselben diesen Körper in erheblicher Menge enthalten. In wiefern die in § 247 und folg. erwähnten Stickstoffverbindungen, die in Einzelorganen oder im Urin gefunden wurden, als nothwendige und regelmässige Zwischenprodukte zu betrachten sind, ist nicht zu entscheiden, da die Reihenfolge dieser Bildungen im Organismus unbekannt ist; die Vermuthung liegt aber nahe, dass die Eiweisssubstanzen und deren che-

mische Verwandte auf verschiedenen Wegen und durch verschiedene Zwischenkörper in ihre Endprodukte: Harnstoff und Kohlensäure übergeführt werden.

Eine Zusammenstellung der wichtigsten Stickstoffhaltenden Verbindungen, auch nach ihrer % Zusammensetzung möge hier noch Platz finden:

	C	H	N	O
Eiweiss . .	53,4 —	7,0 —	15,6 —	22,4
Knochenleim	49,3 —	6,6 —	18,3 —	25,8
Tyrosin . .	59,7 —	6,1 —	7,7 —	26,5
Leucin . .	55,0 —	9,9 —	10,7 —	24,4
Guanin . .	39,7 —	3,3 —	46,4 —	10,6
Hypoxanthin	44,1 —	2,9 —	41,2 —	11,8
Xanthin . .	39,5 —	2,7 —	36,8 —	21,0
Harnsäure .	35,7 —	2,4 —	33,3 —	28,6
Kreatin . .	36,6 —	6,9 —	32,1 —	24,4
Kreatinin .	42,5 —	6,2 —	37,2 —	14,1
Glycocoll .	32,0 —	6,7 —	18,7 —	42,6
Harnstoff .	20,0 —	6,7 —	46,7 —	26,6

251. Hippursäure.

Die Hippursäure (Glyco-Benzoësäure) ist als gepaarte Säure zerlegbar in Benzoësäure und deren Paarling Glycocoll (Glycin). Diese Zerlegung findet auch im Organismus theilweis statt; wird Hippursäure dem Magen einverleibt, so enthält der Harn viel Hippursäure, das Blut dagegen — neben wenig Hippursäure — eine erhebliche Menge Benzoësäure und mehr Harnstoff, welcher aus dem von der Hippursäure abgespaltenen Glycocoll (230. 248) entstanden sein kann (Meissner).

Anderseits wird die dem Körper durch den Magen oder mittelst subcutaner Einspritzung einverleibte Benzoësäure im Harn als Hippursäure ausgeschieden (Ure); die Benzoësäure nimmt demnach, bei ihrem Durchgang durch den Körper, unter Abgabe von 2 At. Wasser, die Elemente des stickstoffhaltigen Glycocoll auf ($C^{14} H^6 O^4 + C^4 H^5 NO^4 - 2 HO = C^{18} H^9 NO^6$). Werden benzoësaure Salze dem Kreislauf direkt einverleibt, so kommt, in Folge der Ueberladung des Blutes mit Benzoësäure, letztere fast unverändert (neben Spuren von Hippursäure) im Harn zum Vorschein (Kühne und Hallwachs).

Der Ort, wo die Benzoësäure das zur Hippursäurebildung nöthige Glycocoll findet, ist nicht sicher bekannt. Meissner fand nach Benzoësäuregenuss im Blut (unter Umständen auch im Speichel und Schweiss) viel Benzoësäure, aber keine Hippursäure. Der hohe Hippursäuregehalt des Harnes unter diesen Umständen würde für die Bildung derselben in den Nieren sprechen, wenn nicht derselbe Forscher nach Abbindung der Nierengefässe und Einverleibung von Benzoësäure in den Magen, im Blut neben Benzoësäure auch reichliche Mengen Hippursäure gefunden hätte. — Nahe liegt die Annahme der Entstehung der Hippursäure in der Leber (Kühne und Hallwachs); dagegen spricht aber die Thatsache, dass nach Abbindung der Leber, ins Blut injicirte benzoësaure Salze zum Theil als Hippursäure im Blute selbst wieder nachgewiesen wurde (Meissner).

Gewisse Verbindungen, die leicht in Benzoësäure umgesetzt werden, erscheinen, wenn man sie dem Magen einverleibt, ebenfalls als Hippursäure im Harn. So z. B. die Zimmtsäure, $C^{18} H^8 O^4$, die leicht zu Benzoësäure oxydirt wird und die Chinasäure, $C^{14} H^{12} O^{12}$, welche durch Jodwasserstoffsäure in Benzoësäure reducirt wird (Kolbe).

Analoge Fälle bieten die Verwandlung der Salicylsäure in die Stickstoffhaltende Salicylursäure und die Umwandlung der mit der Benzoësäure verwandten Toluyl- und Cuminsäure, welche beim Durchgang durch den Organismus in die Stickstoffhaltende Tolur- und Cuminursäure umgesetzt werden (Kraut).

Der grosse Hippursäuregehalt des Urines mancher pflanzenfressenden Säugthiere ist nicht erklärt. Man hat bisher vergeblich nach Benzoylverbindungen oder Chinasäure u. dgl. im Heu geforscht. (Im Heidelbeerkraut fand Zwenger Chinasäure.) Für eine unmittelbare Abhängigkeit der Hippursäure von der Nahrung spricht die Erfahrung, dass dieselbe im Pferdeharn beim Hungern schwindet. Die Möglichkeit der Entstehung von Benzoësäure im Körper selbst bleibt übrigens nicht ausgeschlossen; Städeler hat wenigstens die Entstehung von Benzoësäure durch Abspaltung aus Eiweisskörpern dargethan und auf diese Quelle dürfte der sehr geringe Hippursäuregehalt des Menschenharns, bei gänzlichem Abschluss der Zufuhr von Benzoylverbindungen in den Magen, zurückzuführen sein.

Bernsteinsäure, welche bei der Oxydation fetter Säuren als Nebenprodukt entsteht, findet sich nach Meissner im Harn bei fettreicher Nahrung; dessgleichen nach dem Einnehmen äpfelsaurer Salze oder von Nahrungsmitteln, die solche enthalten z. B. Rüben.

252. Harnzucker.

In der meist mit bedeutender Steigerung des Durstes und der Nierensecretion (täglich 8—16 ℔ und darüber) verbundenen Zuckerharnruhr (Diabetes mellitus) führt der Harn grössere Mengen einer, dem Traubenzucker identischen Zuckerart und zwar in der Regel zu mehreren %, unter Umständen bis 13 % und darüber. Auch andere Se- und Excretionen solcher Kranken enthalten etwas Zucker. Die Zuckerausscheidung nimmt nach Amylonreicher Nahrung bedeutend zu, erfährt dagegen selbst bei Amylon- und Zuckerloser Kost nur eine Minderung. Wahrscheinlich ist einerseits die Bildung des Zuckers in der Leber (229) gesteigert und andererseits die Rückbildung (Oxydation) desselben in der Blutmasse gemindert; das Blutserum enthält grössere Zuckermengen als in Gesunden. Injicirt man Zucker in den Kreislauf gesunder Thiere, so kommt ein Theil desselben im Urin zum Vorschein, vorausgesetzt dass der Zuckergehalt des Blutes durch die Einspritzung auf mindestens ½ % gebracht wird (Lehmann). Selbst in Gesunden zeigt der Harn, namentlich nach Amylon- oder Zuckerreicher Nahrung, Zucker, wenn auch nur in sehr kleinen Antheilen; Brücke und Vintschgau halten den Zucker für einen constanten Normalbestandtheil des Harnes.

Von den Eigenschaften des Traubenzuckers sind, als für seine Nachweisung wichtig, hervorzuheben: 1) die Gährungsfähigkeit; in schwach sauren Flüssigkeiten zerfällt der Traubenzucker bei Einwirkung von Fermenten in Alkohol und Kohlensäure. 2) Seine Lösung lenkt das polarisirte Licht nach rechts ab und färbt sich 3) mit concentrirter Kalilauge erwärmt, braun. 4) Unter An-

wesenheit von Basen nimmt der Traubenzucker rasch Sauerstoff auf; er reducirt z. B. Kupferoxyd in Oxydul (Trommer's Zuckerprobe).

Zur Zuckerbestimmung im diabetischen Harn sind unter den leicht zugänglichen Methoden hervorzuheben: 1) Die Trommer'sche Probe. Der Harn wird in einer Proberöhre mit Kalilauge alkalisch gemacht, sodann langsam mit verdünnter Kupfervitriollösung versetzt und zwar so lange als der entstehende Niederschlag sich zu einer blauen Flüssigkeit löst. Erwärmt man nunmehr, so entsteht eine gelbe (resp. rothe) Färbung von Kupferoxydulhydrat (oder Kupferoxydul). — Zur quantitativen Bestimmung dient Fehling's Titrirflüssigkeit. Zu einem abgemessenen Volum derselben setzt man so lange Harn hinzu, bis das Kupferoxyd vollständig reducirt ist. 10 C. C. M. des Titrirfluidums entsprechen 50 Milligrammen Zucker.

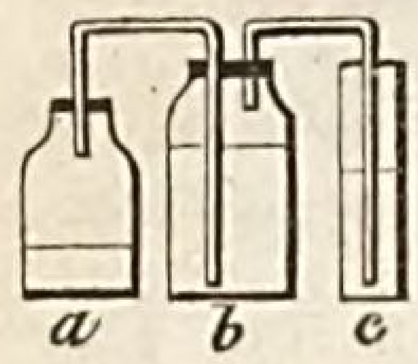


Fig. 50.

2) Gährungsprobe. Flasche *a*, Fig. 50 enthält den mit ein wenig Weinsäure acider gemachten und, zur Beschleunigung der Gährung, mit etwas Bierhefe versetzten Harn. Das Kalkwasser der Flasche *b* bindet die Kohlensäure vollständig und zeigt einen reichlichen Niederschlag und Trübung von kohlensaurem Kalk; das Kalkwasser von *c* ist zur Absorption der atmosphärischen Kohlensäure bestimmt. Die Flüssigkeit in *a* nimmt allmälig einen alkoholischen Geruch an.

Nach Brücke führt auch der normale Harn immer minimale Antheile Zucker. Wegen der immer noch bestrittenen Methoden zur sicheren Nachweisung sehr geringer Zuckermengen, sowie wegen der speciellen Vorschriften zur quantitativen Bestimmung grösserer Zuckermengen muss auf die Lehrbücher der physiologischen Chemie verwiesen werden.

253. Unorganische Harnbestandtheile.

Die Schwefelsäure und Phosphorsäure des Urins sind zum Theil Oxydationsprodukte des Schwefels und Phosphors der Eiweisskörper (nach E. Bischoff steigt und fällt die Phosphorsäure mit dem Gehalt der stickstoffführenden Bestandtheile des Harnes), zum grösseren Theil aber, sammt den Chlorverbindungen, schon mittelst der Zufuhren in Form der entsprechenden Salze in den Körper eingebracht.

Einnehmen von Chlormagnesium vermehrt nach Buchheim und Wagner die Magnesia; Einverleibung von Chlorcalcium, nicht aber von milchsaurem Kalk, steigert die Kalkmenge des Urins nicht unbedeutend. Verdünnte Kalilösung dagegen vermehrt die schwefelsauren Salze nicht.

Die gewöhnlichen Kochsalzzufuhren kommen im Harne nicht vollständig wiederum zum Vorschein. Kaupp erhielt bei steigender Kochsalzzufuhr bedeutende Vermehrung des Kochsalzgehaltes des Urines, zugleich aber nahmen auch die, nicht in den Urin übergegangenen proportionalen Salzmengen zu. Bei einer gewissen Kochsalzdiät war die Abfuhr durch den Urin der Aufnahme des Salzes in den Körper gleich; bei kleineren aufgenommenen Salzmengen aber gab der Körper sogar von dem aufgespeicherten Chlornatrium her. Nach mässig gesteigerter Aufnahme von phosphorsaurem Natron kommt alles überschüssig Eingeführte im Urin wiederum zum Vorschein, wogegen das schwefelsaure Natron ungleich weniger leicht resorbirt und durch den Urin wieder abgeschieden wird (Sick).

Kaupp erhielt nachstehende Werthe:

Chlornatrium in Grammen täglich aufgenommen.	Chlornatrium in Grammen täglich durch den Urin ausgeschieden.	Chlornatrium des Urines in % des Aufgenommenen.
33,6	25,7	76
28,7	22,0	79
23,9	17,4	72
19,0	17,0	89
14,2	13,6	96
9,3	9,8	106
1,5	3,8	246

Die Injection von Kochsalzlösung in den Kreislauf erhöht den Chlornatriumgehalt des Urines sogleich bedeutend. Nach Einspritzung der in dem nöthigen Wasser gelösten enormen Menge von 89 Grammen Chlornatrium in die Drosselader eines Pferdes fanden Vierordt und Weltzien den, gewöhnlich etwa 0,14 Gewichtsprocent betragenden, Chlornatriumgehalt des Harnes mehrere Stunden hindurch auf 0,7 bis 0,8 % gesteigert.

Sick's Versuche mit phosphorsaurem Natron führten zu folgenden täglichen Endwerthen. (Das einverleibte Salz ist in Säuremengen angegeben.)

Phosphorsäure-zusatz in Grammen.	Harnvolum in C. C. M.	Phosphorsäure des Urins in Grammen.
0 (Norm)	2744	3,06
1	2988	4,14
2	3010	5,30
3	3058	6,12

Das phosphorsaure Natron vermehrt, wie manche andere sog. Mittelsalze, in nichtabführenden Gaben, die Harnmenge ein wenig.

Versuche Sick's mit schwefelsaurem Natron ergaben folgende Tragwerthe:

Schwefelsäurezusatz in Grammen.	Schwefelsäure des Urins
0 (Norm)	2,46
0,8	3,25
1,6	3,68
2,4	3,99

254. Zufällige Harnbestandtheile.

In die Säftemasse aufgenommene, dem Organismus fremde, gelöste Substanzen werden fast ausschliesslich durch die Nieren wieder ausgeschieden und zwar, wie seit Wöhler vielfach untersucht wurde, schnell oder langsam (unter Umständen ist die Ausscheidung erst nach mehreren Tagen beendet), verändert oder unverändert. Die Veränderungen bestehen meistens in Oxydationen; doch liefert die Umwandlung des Kaliumeisencyanids, das als Cyanür im Harn erscheint, sowie diejenige des Indigblaues, das, unter Umständen (durch Abgabe seines O und Aufnahme von Wasser) als Indigweiss im Harn austritt, Beispiele von Reductionen.

Die Salze der schweren Metalle finden sich im Harn, wenn sie anhaltend, oder, in grosser toxischer Dosis, auf einmal einverleibt werden. Ausserdem verlassen sie in der Leber das Blut und in den Fäces den Organismus. Viele Salze der Alkalien, z. B. schwefelsaure, salpetersaure, Jod- und Chloralkalien gehen unverändert durch den Urin ab; dessgleichen die Ammoniaksalze. Schwefelkalium geht als schwefelsaures Kali, eine gewisse Menge des Einverleibten

aber, namentlich nach toxischen Dosen, unverändert ab. Unterschwefligsaures Natron wird nur zum kleinsten Theil unverändert abgeschieden, und geht als schwefelsaures Salz in den Harn über. Kohlensaure Alkalien treten zum Theil als solche in den Urin, der zugleich alkalisch wird. Manche organische Säuren gehen unverändert über, und zwar vollständig oder, nach Buchheim, nur theilweis, während ein anderer Theil im Körper in Kohlensäure und Wasser übergeführt wird. Neutrale pflanzensaure Alkalisalze kommen als kohlensaure Salze im Harn zum Vorschein und machen denselben alkalisch. Eine Anzahl organischer Basen (Chinin, Strychnin, Morphium) verlassen den Harn unverändert; ausserdem gehen in denselben manche Farb- und Riechstoffe über; gewisse flüchtige Substanzen aber, wie Alkohol und Aether, finden sich entschieden nicht im Urin.

255. Folgen der Ausrottung der Nieren.

Alle Harnbestandtheile, auch die specifischen, sind bereits im Blute enthalten, nach Wegfall der Nierenthätigkeit muss sich somit Harnstoff im Blute ansammeln. Prevost und Dumas wiesen denselben nach Ausschneidung der Nieren im Blute nach; seitdem gelten die Nieren nicht mehr als Bildungsstätte, sondern als Ausscheidungsorgane des Harnstoffs. Später wurden Harnstoff und Harnsäure auch im gesunden Blute aufgefunden; 5000 Theile des letztern enthalten etwa 1 Theil Harnstoff. Die Nierenausrottung oder die Unterbindung der Nierengefässe bewirkt übrigens (neben Ablagerung von harnsauren Salzen in verschiedenen Organen) in der Regel nur eine relativ mässige Erhöhung des Harnstoffgehaltes des Blutes und der Gewebe, welche letztere, z. B. die Muskeln, im Normalzustand keinen Harnstoff enthalten. Die auch nur sehr mässige Harnstoffansammlung im Körper scheint einer weiteren Neubildung von Harnstoff Schranken zu setzen; doch kann ein Theil des gebildeten Harnstoffs auf andern Wegen, z. B. durch Erbrechen, ausgeschieden werden. Der Tod erfolgt 1—3 Tage nach dem Eingriff. Ausschneidung einer Niere ist nicht nothwendig tödtlich.

Die Ursachen des Todes nach der Nierenausrottung, überhaupt nach Behinderung der Nierenthätigkeit (Urämie der Pathologen), sind noch keineswegs befriedigend aufgeklärt und dürften dieselben wahrscheinlich nicht von einem einzigen, im Organismus zurückgehaltenen Harnbestandtheil abzuleiten sein. 1) Anfangs beschuldigte man die Harnstoffansammlung im Blut, glaubte aber diese Ansicht aufgeben zu müssen, weil Harnstoffeinspritzung, in mässiger Menge, in das Blut gesunder Thiere keine gefährlichen Symptome hervorruft. Nach Injection von Harnstoff in das Blut nephrotomirter Thiere beobachtete Stannius keinen früheren Eintritt des Todes, wohl aber Meissner, der namentlich auch die Symptome der gestörten Nerventhätigkeit dann rascher auftreten sah. Nach Voit kann fortgesetzter Harnstoffzusatz zur Nahrung

gesunder Hunde urämische Symptome veranlassen, wenn zugleich das Trinken, also die Möglichkeit einer genügenden Entfernung des Harnstoffes nicht gestattet wird. 2) Andere leiteten die Urämie von einer in Folge von Umsetzung des Harnstoffes eintretenden Ueberladung des Blutes mit kohlensaurem Ammoniak ab (Frerichs, Stannius). Einspritzen von kohlensaurem Ammoniak in den Kreislauf setzt allerdings schwere Störungen, namentlich der Nerventhätigkeit, die mit gewissen Zuständen der Urämie Aehnlichkeit haben. Die Neigung des Harnstoffs, im Organismus in Ammoniak umgewandelt zu werden, ist jedoch nicht gross; Voit fand bei Harnstoffzusatz zur Nahrung gesunder Thiere allen eingeführten Harnstoff im Urin wieder; auch fehlt bei unterdrückter Nierenthätigkeit das Ammoniak im Blut sehr häufig. 3) Vielleicht kann auch die Ansammlung normaler oder abnorm umgesetzter Extractstoffe des Harnes in der Blutmasse und den Organen zu urämischen Symptomen führen (Schottin). Thudichum betrachtet Oxydationsstufen des ursprünglichen Harnfarbstoffes als eine Hauptveranlassung urämischer Symptome. Injection von Bernsteinsäure, Kreatin und anderen Stoffwechselprodukten in den Kreislauf nephrotomirter Thiere sind ohne Einfluss (Meissner).

Nach Zalesky findet sich in Folge der Unterbindung der Ureteren — wobei die Nieren noch »thätig« sein sollen — neben Harnstoff im Blut und den Geweben, nur der normale Kreatingehalt in den Muskeln; dagegen nach Ausscheidung der Nieren nur wenig Harnstoff im Blut und den Geweben, aber in den Muskeln viel Kreatin. Er schliesst desshalb, dass die Nierensubstanz aus Kreatin Harnstoff bilde. Die Richtigkeit dieser Behauptungen stellt Voit vollständig in Abrede; s. dagegen auch 248.

256. Secretionsvorgang.

Die Harnbildung erfolgt ununterbrochen, doch so, dass sie bei veränderten Nebenbedingungen eingreifende und schnell wechselnde Aenderungen erleidet. Diese Abhängigkeit von äusseren Einflüssen haben die Alten richtig gewürdigt, wenn sie einen Getränkharn, Verdauungsharn und Blutharn unterschieden und unter letzterem das Nierensecret längere Zeit nach Aufnahme von Zufuhren verstanden.

Das Secret ist von den Zufuhren so sehr abhängig, dass der Harn der Pflanzenfresser bei Fleischnahrung eine Reihe von Eigenschaften des Carnivorenharnes annimmt und umgekehrt, (der alkalische Kaninchenharn z. B. wird nach Fleischfütterung sauer) und dass andererseits beim anhaltenden Fasten manche Unterschiede beider Harnarten wegfallen.

Die Geschwindigkeit der Ausscheidung gewisser, leicht diffusibelen Stoffe durch die Nieren ist auffallend. Jodkalium oder Ferrocyankalium können, nachdem sie dem leeren Magen einverleibt wurden, unter günstigen Bedingungen schon nach 2 Minuten im Harn von Menschen mit Inversio vesicae (240) nachgewiesen werden.

Die aus dem Blute austretenden Stoffe können einen gewissen Gegendruck des in den Harnkanälchen bereits angesammelten Harnes überwinden. Herrmann unterband im Hunde den Ureter der einen Seite und setzte ein Manometer in denselben ein; ein Quecksilberdruck von 60 Millimeter war das Maximum, welches noch überwunden werden konnte; die Unterbindung beider Ureteren dürfte zu höheren Werthen führen.

Schon eine nur kurz dauernde Compression der Nierenarterie macht den Harn auf einige Zeit eiweisshaltend; abwechselnde Verengerung und Wiedererweiterung der Nierenarterie verlangsamt und vermehrt selbstverständlich die Secretion nach Herrmann. Auch kann nach Letzterem der in beiden Harnleitern gleichzeitig ablaufende Urin nach Menge und Zusammensetzung erhebliche Unterschiede bieten.

Die Harnbildung beruht auf dem Vermögen der Absonderungsmembran, gewissen Blutbestandtheilen das Hervortreten auf der Secretionsfläche zu versperren, anderen dagegen zu gestatten. Die zwei Grundfragen: Abhängigkeit der Secretion von der Beschaffenheit u. s. w. des Nierenblutes und den Eigenzuständen der Secretionsmembran sind vorläufig unlösbar. Injection von Kochsalz z. B. in den Kreislauf macht den Harn sogleich ausserordentlich salzreich; aber solche künstlichen Veränderungen der Blutmasse führen gerade hier am wenigsten zu tieferen Aufschlüssen, weil 1) in Folge wesentlich veränderter unbekannter Nebenmomente (z. B. durch die Nieren circulirender Blutmengen) die Secretion oft ganz anormal wird (nach Wassereinspritzung führt der Harn Eiweiss), und weil 2) die künstlich veränderte Blutmischung selbst von Minute zu Minute sich ändert. An eine Untersuchung dieser Frage mittelst des direkten Experimentes kann vorerst noch nicht gedacht werden.

Ebensowenig erhält man Aufschlüsse über die specifischen Functionen des Organes, wenn man durch die Gefässe einer frisch ausgeschnittenen Niere defibrinirtes Blut treibt; es läuft aus den Ureteren des Schweines selbst in 1—2 Stunden bloss etwa 1 Gramm eines eiweisshaltenden Transsudates aus, dem nach E. Bidder die specifischen Harnbestandtheile vollständig fehlen. Ist letzteres auch dann noch der Fall, wenn der Harnstoffgehalt des Blutes künstlich vermehrt wird?

Die Vergleichung der Zusammensetzung des Blutes, resp. Plasmas, und des Harnes führt auf grosse Unterschiede in der Anziehung der einzelnen Blutbestandtheile durch das Nierenparenchym. Das Blut enthält nur sehr geringe Mengen Harnstoff; die Diffusibilität der Niere für diesen chemischen Körper muss also eine ganz ungeheure sein.

Die Nieren dürften durch den arteriellen Blutstrom in 24 Stunden etwa 120 Gramme Harnstoff empfangen, davon würden ungefähr 30% abgesondert. Die Wasser-, Chlor-, Phosphorsäure- und Schwefelsäure-Ausscheidung zeigt dagegen viel kleinere Procentwerthe. Bezeichnender zur Ueberschauung dieser Verhältnisse ist es wohl, wenn man die Quotienten der Blutplasmaprocentmengen der fraglichen Stoffe in deren Harnprocentmengen vergleicht. Wir erhalten dann für Harnstoff, Chlor, Schwefelsäure, Phosphorsäure und Wasser die Werthe 150 : 17 : 13 : 10 : 1.

Nach plötzlicher Wassereinverleibung nimmt mit der bedeutenden Steigerung des Urinwassers, die absolute Menge der festen Bestandtheile, wenigstens einige Stunden hindurch sehr zu.

Ferber erhielt folgende stündliche Chlornatriummengen in Grammen nach plötzlicher (244) Wasserzufuhr:

Getränkmengen in C. C. M.	6—7	7—8	8—9	9—10	10—11	11—12	Summe.
0	0,430	0,504	0,720	0,541	0,397	0,366	2,928
(300	0,582	0,545	0,558	0,462	0,378	0,244	2,769)
600	0,537	0,791	0,949	0,486	0,308	0,270	3,341
900	0,961	1,160	0,921	0,533	0,389	0,318	4,282
1200	1,477	1,676	1,006	0,512	0,453	0,305	5,429
1500	1,754	1,720	0,962	0,716	0,978	0,442	6,572
1800	1,387	1,667	0,894	0,437	0,337	0,279	5,001

Das Urinwasser reisst also, wenn es in steigender Menge abgesondert wird, zunehmend grössere Quantitäten dieses und wohl auch anderer Salze, mit sich fort. Bald aber tritt ein Wendepunkt ein; die stündlichen Chlornatriummengen sinken und zwar unter die Werthe, die sie einnehmen würden, wenn keine Wassereinverleibung stattgefunden hätte. Dieser Wendepunkt erfolgt um so früher, je grösser die Harnvolume sind, d. h. je grössere Chlornatriummengen mit dem Harn bereits ausgeschieden worden sind.

Umgekehrt befähigt eine vorherige Thätigkeitsherabsetzung die Niere zu erhöhter Functionirung. Letzteres lehren auch Versuche Herrmann's über vorübergehenden Harnleiterverschluss; wird nämlich der Harnleiter wieder wegsam gemacht, so läuft aus demselben ein Secret ab, das grössere absolute Harnstoff- und Kochsalzmengen führt als dasjenige des anderen, offenen gelassenen Harnleiters.

Der Plexus renalis besteht aus einem, die Nierenarterie begleitenden Nervennetz und einem oder einigen abgesonderten Stämmchen, welche parallel mit dem Gefäss in den Hilus eindringen und besonders das Drüsengewebe versorgen. Zerstört man die Gefässnerven der Nieren durch vorübergehende Umschnürung der Arterie, so wird, neben Blutergüssen unter die Nierenkapsel und ins Drüsengewebe, der Harn eiweiss- oder bluthaltend (Brachet, Joh. Müller), ein Erfolg, der von den durch das Versuchsverfahren bedingten Blutlaufstörungen abhängen kann.

Gewisse Eingriffe vermehren die Harnsecretion (Bernard und Eckhard). Nach Durchschneidung des Splanchnicus major entsteht eine mässige Steigerung der Harnmenge während einiger Stunden, ohne dass der Harn (s. dagegen 231) Zucker enthält. Dieser Zustand wird in das Gegentheil verkehrt, wenn der durchschnittene Splanchnicus unterhalb der Schnittstelle gereizt wird. Die Erregung des Splanchnicus äussert demnach einen hemmenden Einfluss auf die Secretion, wohl durch Vermittelung vasomotorischer Fasern, welche die Lichtungen der feineren Nierenarterien verkleinern.

Eine noch stärkere Harnvermehrung kann eintreten, wenn der Boden der 4. Hirnhöhle an einer vor den Vagusursprüngen gelegenen Stelle verletzt wird; der Harn ist dann zugleich Eiweisshaltig. Dagegen hört die Secretion dauernd auf, wenn das Rückenmark in der Gegend des 7. Halswirbels oder höher oben (nicht aber weiter unten) durchschnitten wird (Eckhard). Diese Wirkung kann nicht wohl ausschliesslich von den gleichzeitig vorhandenen Kreislaufsstörungen abgeleitet werden, und die Annahme hat Manches für sich, dass in der Medulla oblongata eine Art Centralorgan für die Nierensecretion zu suchen sei. Die peripheren Nervenbahnen, welche die vom Centrum ausgehenden Reize der Niere zuführen, sind noch nicht sicher nachgewiesen; Eckhard hat wahrscheinlich gemacht, dass die betreffenden Fasern in den obersten Brustnerven das Rückenmark verlassen.

XIV. Wärmebildung.

257. Gleichwarme und wechselwarme Thiere.

Eine alte Eintheilung unterscheidet Warmblüter (Säuger, Vögel) und Kaltblüter. Die Kaltblüter sind niederer temperirt in kühleren, höher dagegen in wärmeren Medien (Luft oder Wasser); desshalb bieten ihre Leiber in verschiedenen Klimaten, Jahreszeiten, ja selbst Tagesstunden sehr verschiedene Wärmegrade. Daraus folgt aber nicht, dass dieselben einfach von Aussen her erwärmt werden; im Gegentheil, sie haben, wie alle Thiere, ihre Wärmequellen in sich. In kalter oder mässig warmer Temperatur zeigen sie nämlich eine etwas höhere Eigenwärme als die umgebenden Medien. Unter diesen Verhältnissen ist ihr Stoffumsatz, namentlich auch der respiratorische Gaswechsel, mit einem Wort ihre Wärmebildung, herabgesetzt; ihr Körper wird desshalb niederer temperirt. Der Frosch z. B. ist bei 15° um $^1/_3$—$^3/_4$°, bei 6° aber um 1—2° wärmer als das umgebende Wasser (D u m e r i l). Unterhalb einer gewissen unteren Temperaturgrenze verfallen die Kaltblüter in Erstarrung; in höheren Temperaturen dagegen sind ihre Thätigkeiten, also auch die Wärmebildung, gesteigert; ihr Körper wird demnach höher temperirt, ohne jedoch den Wärmegrad des umgebenden Mediums zu erreichen; Thiere mit feuchten, die Verdunstung begünstigenden allgemeinen Bedeckungen bewahren sich in warmer Luft eine bedeutend unter der äusseren Temperatur stehende Körperwärme, z. B. ein Frosch war nach einstündigem Aufenthalt in Luft von 45° C. um 18° niederer temperirt (J. H u n t e r). Aber auch hier gibt es eine obere Temperaturgrenze, von wo an die Verrichtungen bedeutend herabgesetzt werden; die Thiere verfallen alsdann in einen schlafartigen Zustand; viele Amphibien in den heissen Climaten führen während der trockenen Jahreszeit einen förmlichen Sommerschlaf. Man nennt diese Thiere mit B e r g m a n n, eben weil sie unter Umständen nichts weniger als kaltes Blut besitzen, bezeichnender w e c h s e l w a r m e.

Die Warmblüter dagegen bieten unter gewöhnlichen Verhältnissen so geringe Temperaturschwankungen, dass ihre Leiber nahezu als constant-warm gelten können; diese g l e i c h w a r m e n Thiere (B e r g m a n n) müssen desshalb in der Kälte viel mehr Wärme nach Aussen abgeben, als in der Wärme, also im ersteren Fall — um die gleiche Körpertemperatur behaupten zu können — mehr Wärme neu bilden. Die Wärmebildung ist also gesteigert bei den Wechselwarmen in der Wärme, bei den Gleichwarmen in der Kälte.

258. Körpertemperatur.

Die Körperwärme der Säuger liegt ungefähr zwischen 36—40°, die der Vögel zwischen 40—43° Celsius. Die Körpertemperatur des Menschen beträgt

an völlig geschützten Stellen seiner Oberfläche 37° C. (nahezu $29\frac{1}{2}$° R.); die normalen Schwankungen der Mitteltemperatur des Gesammtkörpers betragen bloss etwa $\frac{1}{2}$° nach auf- und abwärts. Wenig geschützte Theile dagegen sind niedriger temperirt; die Haut, namentlich die der nackten Körperstellen, zeigt selbstverständlich in der Kälte niedere Wärmegrade. Dann folgen die übrigen oberflächlicheren, dem Luftcontact ausgesetzteren Theile, z. B. die Mundhöhle, wenn sie nicht ganz abgeschlossen ist, mit 34—36°.

Einer starken Abkühlung unterliegt auch das Auge, besonders die Hornhaut; der grosse, die Bedürfnisse des örtlichen Stoffwechsels weit überragende Gefässreichthum der Aderhaut, der Processus ciliares und der Iris sorgt aber für gehöriges Warmhalten der vorderen Theile des Auges.

Den höchsten Wärmegrad, etwa 38—39° durchschnittlich, zeigt das Blut; ein Organ wird sogleich wärmer, wenn dasselbe mehr Blut empfängt und zugleich eine Steigerung seines Stoffwechsels erfährt. Die Temperatur variirt übrigens in den einzelnen Gefässprovinzen. Liebig jun. zeigte, dass das Blut im linken Herzen etwas niederer (um $\frac{1}{25}$ bis selbst $\frac{1}{10}$°) temperirt ist, als im rechten Herzen; Ausnahmen sind übrigens, namentlich bei Thieren grösseren Wuchses nach Colin ziemlich häufig. Jacobson und Bernhardt, welche feine Thermonadeln (§ 259) durch die Brustwand in das linke und rechte Herz von Kaninchen einführten, fanden das Blut des linken Herzens in der Regel wärmer. Das Blut oberflächlicher Venen ist weniger warm, als das der entsprechenden Arterien; Becquerel und Breschet fanden das Blut der Cruralvene um etwa $\frac{3}{4}$ bis 1° kühler als das der Cruralarterie; Colin das der Jugularvene $\frac{1}{2}$ bis selbst 2° niederer temperirt als das Carotisblut. Die höchste Temperatur hat nach Bernard das Lebervenenblut, höher als das der Pfordader und selbst um etwa 1° höher, als das Aortenblut.

Durchgreifende Temperaturunterschiede zwischen Arterien- und Venenblut kommen also nicht vor. Es handelt sich bei diesen Fragen, abgesehen von den durch die Gefässe strömenden Blutmengen (also theilweise bekannten Grössen), um die in den einzelnen Gefässprovinzen abgegebenen und neugebildeten Wärmemengen, und die Wärmecapacitäten ihres Blutinhaltes, lauter Werthe, die unbekannt sind. Die obigen Thatsachen entziehen sich daher vorerst der Analyse und der Werth solcher vergleichender Temperaturbestimmungen ist ein beschränkter, indem dieselben nichts aussagen können über die Stätten der Wärmebildung im Körper.

Das Vorhandensein der Normalwärme beweist noch nichts für Gesundheit, jede ausserhalb der oben bezeichneten Grenze liegende Temperatur aber kann als Zeichen von Krankheit gelten. Das pathologische Temperaturmaximum des Menschen am Ende tödtlicher Fieber reicht wenig über 43° C.

259. Temperaturmessung.

Das Quecksilberthermometer ist unter Umständen unanwendbar, namentlich, wenn es sich um tiefer liegende Körperstellen, sowie um rasche Wärmeschwankungen handelt. In diesen Fällen wird der zuerst von Becquerel und Breschet angewandte thermoelektrische Multiplicator mit Vortheil gebraucht. Ein durch Zusammenlöthen von zwei verschiedenen Metallen, z. B. Kupfer *c* und Eisen *f*, hergestellter Ring (Fig. 51), wird sogleich von einem elektrischen Strom durchzogen, wenn

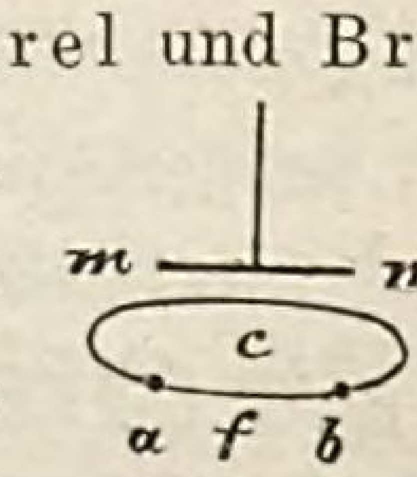
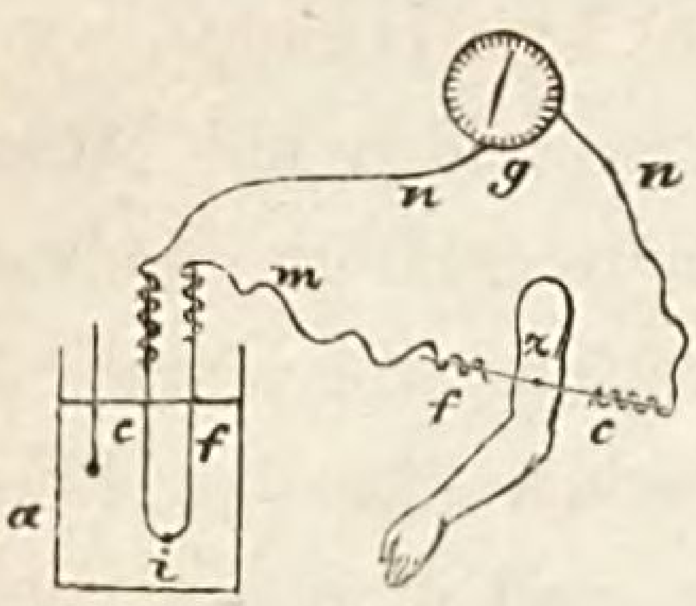


Fig. 51.

beide Löthstellen *a* und *b* verschieden temperirt sind. Der Strom geht von der wärmeren Löthstelle durch *f* zur kälteren und lenkt eine in der Nähe befindliche Magnetnadel *m m* ab, und zwar um so stärker, je grösser der Temperaturunterschied beider Löthstellen. Schaltet man in den Kupferdraht ein Galvanometer ein, so können sehr geringe Wärmeunterschiede noch gemessen werden. Wird also die eine Löthstelle eingesenkt in ein Medium von bekannter Temperatur, die andere in den Organismus, so gibt die Grösse der Nadelabweichung die Temperatur des Körpertheils mit grosser Genauigkeit an.

Das Schema des physiologischen Versuches ist folgendes. Ein Gefäss *a* (Figur 52) enthält Wasser, das durch hier weggelassene Nebenvorrichtungen constant warm erhalten wird. In das Wasser ist eingesenkt ein U-förmiger Draht, mit einem Kupfer- (*c*) und einem Eisenschenkel (*f*) und der Löthstelle *i*. In dem Körpertheil befindet sich die andere Löthstelle, indem z. B. eine dünne Nadel *z*, zur Hälfte aus Kupfer (*c*), zur Hälfte aus Eisen (*f*) bestehend, durch den Arm gestossen wird. Ein Eisendraht *m* verbindet die zwei Eisenschenkel beider Löthstellen, ein Kupferdraht *n* die Kupferschenkel, so aber, dass in ihn der Thermomultiplicator *g* eingeschaltet wird, der verhältnissmässig nur wenige Windungen eines dicken Drahtes erfordert. Ist *i* weniger warm als *z*, so geht der Strom von *i* durch den Galvanometer nach *z*. Die in den Körper eingeführte dünne Nadel nimmt ausserdem sogleich dessen Temperatur**variationen** an, der Apparat stellt somit ein sehr empfindliches Thermoskop dar.


Fig. 52.

Die Form der zur Herstellung der Löthstelle dienenden Drähte richtet sich nach der Körperstelle. Während obiges Schema bloss **ein** wirksames Element enthält, verwandte **Helmholtz** 3 Elemente hintereinander, wodurch die elektromotorische Kraft des Stromes verdreifacht wird. Besonders empfindlich ist die Combination Antimon-Wismuth; 16 solche Elemente, welche eine ähnliche Einrichtung haben wie die zur Untersuchung der strahlenden Wärme gebrauchte Thermosäule lässt Temperaturdifferenzen von $\frac{1}{4000}$ ° C. noch erkennen, wenn man den zu untersuchenden Theil an die Säule andrückt.

260. Wärmemenge und deren Messung.

Die Temperatur eines Körpers gibt keinen Maassstab ab über die von demselben gebildete Wärmemenge. Als Maass der Wärmemenge dient die Temperaturzunahme, welche eine gewisse Wassermenge erfährt, wenn dieselbe die fragliche Wärmemenge aufgenommen hat, also z. B. 1 Pfd. Wasser um 3°. Um die Wärmemengen unter sich vergleichen zu können, hat man die sog. **Wärmeeinheit** (Calorie) eingeführt und versteht darunter diejenige Wärmemenge, die nöthig ist, um 1 Gramm Wasser um 1° C. höher zu erwärmen. 10 Calorien sind also im Stand 10 Gramme Wasser um 1°, oder 5 Gramme um 2° höher zu temperiren u. s. w.

Wird dieselbe Anzahl von Calorien verschiedenen Körpern von gleichem Gewicht zugeführt, so erfahren sie keine übereinstimmende Temperatursteigerung. Daher brauchen auch gleiche Gewichtstheile verschiedener Körper verschiedene Wärmemengen, um auf gleiche Temperatur gebracht zu werden; Wasser, Eisen und Quecksilber z. B. verhalten

sich in diesem Betreff wie 33 : 3 1/3 : 1, diese Körper haben also sehr verschiedene »Wärmecapazitäten«. Die Wärmecapazitäten der thierischen Säfte sollen der des Wassers ziemlich nahe stehen; die des venösen Blutes soll, nach älteren Versuchen, geringer sein als die des arteriellen (?) und die Festgebilde eine durchschnittliche Wärmecapazität von bloss etwa 4/5 des Wassers zeigen.

Die Wärmemengen werden gemessen mittelst des Calorimeter's. Rumford's Wassercalorimeter misst die Temperaturzunahme, welche eine bestimmte Menge destillirten Wassers in Folge der Aufnahme der fraglichen Wärmemenge erfährt. Dulong und gleichzeitig Despretz haben dieses Calorimeter zur Untersuchung der von Thieren abgegebenen Wärmemengen benutzt. Ein kupferner Kasten, in welchem sich das Versuchsthier befindet, wurde in einen Blechkasten so gestellt, dass der Raum zwischen beiden mit Wasser ausgefüllt war. Der Thierkasten erhielt mittelst einer kurzen Röhre Luft zugeleitet, während eine lange, vielfach gewundene Bleiröhre die durch das Thier erwärmte Luft ausführte, welche ihren Wärmeüberschuss an das Wasser abgab. Ein Aspirator sorgte für den nöthigen Luftstrom und eine Agitationsvorrichtung für gleichmässige Temperatur der Wasserschichten des Calorimeters. Die aus dem Kasten ausgeführte, durch die Respiration veränderte Luft wurde chemisch analysirt. Die Versuchszeit war bei Despretz etwa 1 1/2 bis 2 Stunden, während welcher das Thier (Hund, Kaninchen u. s. w.) eine Masse von ungefähr 25 Kilogrammen Wasser um 1/2 bis 1/3 ° C. höher erwärmte.

In einem Versuch von Despretz bildete eine Hündinn in 1 Stunde 14610, also in 24 Stunden 393000 Calorien. Das 7 mal höhere Körpergewicht des Menschen ergibt demnach eine 24 stündige Wärmemenge von etwa 2700000 bis 2800000 Calorien.

261. Indirekte Calorimetrie.

Die Calorimeter messen die Wärmemengen unmittelbar, so zu sagen die absoluten Werthe derselben. Ein von Hirn angewandtes Verfahren führt zwar zunächst bloss zu proportionalen Ausdrücken, d. h. zur Vergleichung der von verschiedenen Wärmequellen entwickelten Wärmemengen, jedoch lassen sich diese Werthe ebenfalls in absolute Zahlen umschreiben.

Ein als Calorimeter dienender verschliessbarer Kasten steht in einem Zimmer, dessen Temperatur nahezu gleich bleibt. Befindet sich eine constante Wärmequelle im Calorimeterkasten, so steigt die Temperatur desselben nur einige Zeit, und bleibt dann constant. Von nun an gibt das Calorimeter so viel Wärme in das Zimmer ab, als es in derselben Zeit von der Wärmequelle selbst empfängt, es entsteht also ein constanter Temperaturüberschuss der Calorimeterluft über die Zimmerluft. Hirn verbrannte im Calorimeter verschiedene Mengen Wasserstoffgas und berechnete, unter Zugrundlegung der bekannten Heizkraft (s. 261.a.) dieses Gases, die gebildete Wärmemenge. Die Ergebnisse waren folgende:

Verbrannter Wasserstoff in Grammen.	Durch die Wasserstoffverbrennung gebildete Calorien.	Constante Temperatur C° des Calorimeter's	des Zimmers.	Differenz beider Temperaturen.
1,90	65600	11,0	8,5	2,5
2,91	100400	12,8	8,9	3,9
3,35	115900	13,5	9,0	4,5
8,06	277900	19,3	8,7	10,6
8,36	289000	20,7	9,4	11,3

Die Wärmeverluste des Calorimeters wachsen also ungefähr proportional mit dem Temperaturüberschuss der Calorimeterluft über die Zimmerluft. Dividirt man die Calorien durch die Werthe der letzten Columne, so sind die Quotienten (annähernd) dieselben, nämlich 25750. Der Apparat ist also für alle Versuche graduirt und man berechnet die Calorien durch Multiplication des jeweiligen constanten Unterschiedes zwischen der Calorimeter- und der Zimmertemperatur mit dem für diesen Apparat geltenden Coëfficienten 25750.

Hirn wandte das Verfahren auch am Menschen an. Die atmosphärische Luft wurde von aussen durch eine Röhre in den Mund des im Calorimeter Befindlichen geleitet, während eine zweite Röhre die Ausathmungsgase (deren Temperatur und chemische Zusammensetzung bestimmt wurde) aus dem Versuchszimmer abführte. Also musste zu der durch das Calorimeter angegebenen Wärmemenge noch die, verhältnissmässig kleine Menge hinzugerechnet werden, welche von der Ausathmungsluft weggeführt wurde.

261a. Wärme bei organisch-chemischen Prozessen.

Schon Galen wies auf den Zusammenhang der thierischen Wärme mit der Athmung hin; Mayow stellte schärfer den Satz auf, dass das Athmen, wie die Verbrennung, Wärme erzeuge und Crawford führte vom Standpunkt der phlogistischen Chemie die Analogien beider Vorgänge weiter aus. Lavoisier begründete die in ihrem allgemeinen Umriss noch heute gültige, Theorie der organischen Wärme auf und leitete die gesammte thierische Wärme von durch das Athmen vermittelten Oxydationsvorgängen ab.

Verbinden sich zwei Stoffe zu einem neuen chemischen Körper, so wird in der Regel Wärme frei. Die Wärmemenge, welche frei wird, wenn 1 Gramm Kohlenstoff zu Kohlensäure verbrennt, ist = 8080 Calorien; wogegen die sehr viel grössere Heizkraft des Wasserstoffs, bei dessen Verbrennung zu Wasser, 34460 Calorien beträgt. Die Menge der erzeugten Wärme ist übrigens dieselbe, die Verbindungen mögen langsam oder schnell zu Stande gekommen sein; sowie auch die Gesammtwärme, welche bei der Verbindung zweier chemischen Körper entsteht, dieselbe ist, die Verbindung mag direkt oder indirekt, d. h. erst durch eine Reihe von Zwischengliedern, erfolgen. Die Oxydation des Kohlenstoffes zu Kohlenoxyd ergibt 2473, die des Kohlenoxyds in Kohlensäure 5607 Calorien. Beide Wärmemengen zusammen geben denselben Werth wie die direkte Oxydation der Kohle in Kohlensäure (Favre und Silbermann).

Die allein ins Gewicht fallenden Endprodukte des animalischen Stoffum-

satzes sind Kohlensäure, Wasser und Harnstoff. Die Annahme lag somit für Lavoisier nahe, die thierische Wärme ausschliesslich oder doch ganz vorzugsweise abzuleiten von der Bildung von Kohlensäure und Wasser. Dulong sowie Despretz prüften diese Ansicht experimentell; sie bestimmten an Thieren die ausgeathmete Kohlensäure und den absorbirten Sauerstoff, und nahmen von dem verschwundenen, d. h. dem nicht wieder in Form von Kohlensäure zum Vorschein kommenden Sauerstoff an, er sei zur Wasserbildung verwendet worden. Sie berechneten dann, wieviel Wärme der Sauerstoff gebildet hätte, wenn er direkt mit Kohlenstoff zu Kohlensäure und mit Wasserstoff zu Wasser sich verbunden hätte und verglichen die berechnete Wärmemenge mit der vom Versuchsthier gebildeten. Dabei ergab sich, dass die Calorimeterwerthe nicht vollständig gedeckt wurden durch die genannten Oxydationsprodukte; in einigen Versuchen betrug das Deficit bloss wenige Procente, in manchen aber (namentlich bei Carnivoren) bis zu $^1/_4$ der vom Thier abgegebenen Wärme. Man betrachtete desshalb die chemischen Processe als Hauptquelle der thierischen Wärme, leitete aber mit Unrecht das Deficit von anderen Wärmequellen ab, z. B. Reibung des Blutes an den Gefässwänden, Reibung der Muskelfasern u. s. w.

Man weiss jetzt, dass die Aufgabe sehr viel verwickelter ist, denn: 1) kleine Veränderungen der Körpertemperatur des Versuchsthiers beeinflussen die in der Versuchsstunde abgegebene Wärmemenge. 2) Die O-absorption und $\ddot{C}$-ausscheidung steigt und fällt nicht immer gleichmässig (206). 3) Die Verbrennungswärme ist nicht genau dieselbe, ob z. B. der verbrennende Kohlenstoff frei oder oder mit anderen Elementen zu einem zusammengesetzten Körper verbunden ist. Schon der Aggregatzustand des freien Kohlenstoffs ist von Einfluss; Holzkohle z. B. gibt eine etwas grössere Verbrennungswärme als Graphit. Auch ist die Verbrennungswärme einer Substanz nicht genau gleich der Verbrennungswärme ihres C und H, indem ein Theil der Wirkung verbraucht wird, um die Affinität der im Molekül verbundenen Atome zu lockern, ehe dieselben der Verbrennung anheimfallen. 4) Ausser der Bildung von Kohlensäure und Wasser gibt es im Körper noch andere chemische Wärmequellen. Dieselben stehen jedoch an Bedeutung sehr zurück, sodass fast nur die Entstehung des Harnstoffes (der als nicht vollständig oxydirter Körper austritt) in Betracht kommen dürfte.

Aus diesen und anderen Gründen kann die Vergleichung der Respirationsprodukte, resp. der während der Versuchszeit oxydirten C- und H-mengen, mit der vom Versuchsthier abgegebenen Wärmemenge kein genau übereinstimmendes Ergebniss liefern; im Ganzen und Grossen aber ist man immerhin berechtigt, die Lavoisier'sche Theorie als Grundlage anzunehmen. Zu ihrer genaueren Bewährung müssten nicht bloss die Quantitäten sämmtlicher, der Verbrennung in einer gegebenen Zeit anheimfallenden Körperbestandtheile, sondern auch die von Jedem derselben gebildeten Verbrennungswärme bekannt

sein, Forderungen, welchen die heutige Wissenschaft nicht entfernt genügen kann. Ausserdem führen die Oxydationsprocesse nicht bloss zur Verausgabung von Wärme, sondern auch, wie im nächsten § erörtert wird, zur Verausgabung von mechanischer Kraft.

262. Mechanische Arbeit der Wärme.

Die früher bloss empirisch gekannte Wechselbeziehung zwischen Wärme und mechanischer Arbeit ist durch die Lehre von den sog. lebendigen Kräften zu einem fruchtbaren Capitel der Mechanik ausgebildet worden, das für die Physiologie eine immer tiefer greifende Bedeutung gewinnt.

Die Wärme verrichtet bekanntlich mechanische Arbeit, d. h. sie bewegt ponderabele Massen; die Ausdehnung des Quecksilbers durch die Wärme mag als einfaches Beispiel der Art dienen. Eine bestimmte Wärmemenge muss also auch eine bestimmte Arbeit erzeugen; J. R. Mayer, Arzt in Heilbronn, hat zuerst gezeigt, dass die Wärme, die erfordert wird, um ein bestimmtes Gewicht Wasser um 1 ° C. höher zu temperiren, auch im Stande ist, eben dieses Gewicht auf 1300 Fusse (genauer 424 Meter) zu heben. Der Wärmeeinheit entspricht also eine bestimmte Arbeitsgrösse, »das mechanische Aequivalent der Wärme«.

Umgekehrt erzeugt aber auch eine bestimmte Arbeitsgrösse eine bestimmte Wärmemenge, d. h. es ist wiederum eine Arbeitsgrösse von 1300 Fusspfunden (85) nöthig, um 1 Pfund Wasser um 1 ° C. höher zu temperiren. Wärme und Bewegung verwandeln sich also in einander.

Reibt man zwei Körper an einander, so entwickeln sich durch die Friction der Theilchen Widerstände; es geht Arbeit verloren, d. h. Arbeit im gewöhnlichen Sinne, nämlich Bewegung ponderabeler Massen, dagegen entsteht Wärme; die Wärme aber ist ebenfalls eine Bewegung, wenn auch keine sichtbare, desshalb wird das, was verloren geht an mechanischer Arbeit, gewonnen an Wärme, mit andern Worten, was verschwindet in Form von Bewegung der ganzen Massen, wird gewonnen an Bewegung der kleinsten Theilchen.

Die Wärme ist also keine Materie, sondern eine bestimmte Bewegung (wobei wir für unsere Zwecke absehen können, wie diese Bewegungen beschaffen sind und an welchen Theilchen der Körper dieselben vor sich gehen). Je stärker diese Bewegung, d. h. je grösser die Schwingungsgeschwindigkeit, desto höher ist die Temperatur; eine vollkommene Ruhe der Theilchen im thermischen Sinne, also ein absoluter Nullpunkt der Wärme, existirt nicht in der Natur.

Treten chemische Körper zusammen zu einer neuen Verbindung, so entsteht 1) Wärme, indem, in Folge des jetzigen Gleichgewichtszustandes der Atome, Wärme frei wird, die vorher »latent« war, und 2) mechanische Arbeit, d. h. Bewegung bestimmter äusserer, Widerstand leistender Massen. Die Gesammtleistung des chemischen Processes ist aber immer dieselbe, d. h. je mehr Wärme sich bildet, desto geringer wird die erzielte (äussere) Arbeit. Die Leistung z. B. der Dampfmaschine beruht in letzter Instanz auf einem chemischen Process: der Oxydation der Kohle. Dadurch entsteht Wärme; diese wird abgegeben an das Wasser, es bildet sich Dampf. Der Dampf bewegt den Kolben der Maschine; aber bei

weitem nicht alle Wärme wird umgesetzt in mechanische Arbeit; selbst eine gute Maschine gibt bloss etwa $^1/_{20}$ der gebildeten Wärme als mechanische Arbeit. Unser Problem muss also erweitert werden: die chemischen Umsetzungen im Organismus führen nicht bloss zur Bildung von Wärme, sondern auch zur Leistung von mechanischer Arbeit und zwar muss wiederum die gebildete Wärme um so viel geringer sein, als derselben Arbeit aequivalent ist.

Die chemischen Processe sind in letzter Instanz die einzigen Wärmequellen. Eine Anzahl anderer, nämlich näherer Wärmequellen, z. B. die Reibung des Blutes an den Gefässwänden u. s. w., müssen bei unserer Betrachtung desshalb vollständig wegfallen, weil alle diese Bewegungen, in letzter Instanz, wiederum geschehen auf Kosten der dem Stoffwechsel anheimfallenden Bestandtheile der Muskeln selbst. Auch in der Dampfmaschine ist, wie schon bemerkt, die Oxydation der Kohle die einzige Wärmequelle letzter Instanz.

263. Wärmeproduktion des Arbeitenden.

Der Stoffwechsel führt, nach § 262, zu zweierlei Endeffekten: Wärmeproduktion und mechanische Arbeit. Während der ruhende Mensch bloss Wärme abgibt, kommt bei dem Arbeit Leistenden jene zweite Verausgabung hinzu in Form eines mechanischen Effektes. Der tägliche Nutzeffekt eines Arbeiters beträgt nach § 86 rund 200000 Kilogrammmeter. Die in 24 Stunden gebildete Wärme dagegen beläuft sich, nach § 260, auf 2750000 Calorien; diesen entspricht ein mechanisches Aequivalent von 2750 Kilogrammen $\times$ 424 Meter = 1166000 Kilogrammmeter. Es tritt also nur etwa ein Siebentel bis ein Sechstel der durch den Umsatz der Körperbestandtheile bedingten Verausgabungen in Form von nach Aussen übertragener mechanischer Arbeit auf. Aber auch hierin ist der Organismus bevorzugt; denn die Dampfmaschine setzt, wie schon bemerkt, im besten Fall bloss etwa $^1/_{20}$ der in der Kohle latent enthaltenen Wirkungen in mechanische Arbeit um.

Leistet der Organismus äussere mechanische Arbeit, so nimmt der Verbrauch an Körpersubstanz, vor Allem aber der respiratorische Gasaustausch, bedeutend zu. Dieses Plus von verbrauchtem Körper- namentlich Muskelmaterial dient aber nicht bloss zur Herstellung der äusseren Arbeit, sondern zum grösseren Theil wiederum zur Erzeugung weiterer Wärmemengen. Wie die Dampfmaschine, wenn sie stärker wirken soll, so kann auch der Organismus keine äussere mechanische Arbeit verrichten, ohne dass zugleich seine Wärmeproduktion bedeutend zunimmt.

Die während der Arbeitsleistung gebildete Wärmemenge ist von Hirn untersucht worden. Er stellte in seinen geräumigen Calorimeterkasten (261) ein Tretrad, dessen Umdrehung von einem äusseren Motor besorgt wurde. Gieng

in dem Rad ein Mensch und zwar in einer den Raddrehungen entgegengesetzten Richtung, so vollbrachte derselbe wirkliche mechanische Arbeit, d. h. er hob sein eigenes Körpergewicht auf eine Höhe = dem Produkt der Zahl der Raddrehungen in die Länge des Radumfanges. Die Secundenarbeit betrug im Endmittel 6,3 Kilogr. Met., ein Werth der den Angaben in § 86 nahe steht. Für den ruhenden und den arbeitenden Zustand berechnen sich auf die Zeitdauer einer Stunde aus Hirn's Versuchen folgende Endwerthe:

	Sauerstoffabsorption in Grammen	Calorien	Geleistete Arbeit in Kilogr. Met.
Ruhe	30,7	154000	0
Arbeit	119,8	271000	26650

Diese Versuche ergaben zu hohe Sauerstoff- und Wärmewerthe, auch sind sie aus verschiedenen Gründen nicht geeignet zu Aufschlüssen über die weitere Frage: in welchen genaueren Verhältnissen mit steigender Arbeit die Sauerstoffabsorption und Wärmebildung zunehmen. Die Verausgabungen vergleichen wir am Besten durch Reduction auf mechanische Arbeit. Das mechanische Aequivalent der gebildeten Wärme war für den ruhenden Zustand $154 \times 424 = 65196$ K. M., für den arbeitenden $271 \times 424 = 114904$ K. M. Dazu kommt in letzterem Fall noch die als solche geleistete mechanische Arbeit, somit ein Gesammteffekt von 141554 K. M. Während also der Sauerstoffverbrauch im Arbeitenden um das 4fache stieg, nahmen die gesammten Verausgabungen bloss um das $2^1/_5$fache zu. Dass für 1 Gewichtstheil absorbirtes O beim Arbeiten weniger Wärme gebildet wird als in der Ruhe, versteht sich von selbst; die enormen Unterschiede aber in Hirn's Versuchen sind jedenfalls nicht richtig.

Bewegte sich der Körper, ohne jedoch Arbeit im Sinne der Mechanik zu leisten (d. h. geschah die Bewegung in der Richtung der Raddrehung, was dem Herabsteigen von einem Berg entspricht), so nahm die O-Absorption bloss etwa um's 2fache, die Wärmemenge aber viel stärker zu; Hirn folgert sogar aus seinen wenigen Versuchen, dass nunmehr für 1 Gewichtstheil absorbirtes O mehr Wärme gebildet werde als in der Ruhe.

264. Bestimmung der Wärmemenge aus den Zufuhren.

Boussaingault, Liebig, Dumas u. A. haben aus dem Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt der 24stündigen Zufuhren, unter Zugrundlegung der Heizkräfte dieser Elemente, die in der genannten Zeit gebildete Wärmemenge zu bestimmen gesucht. Von den Kohlenhydraten wurde nur das C in Rechnung gebracht, dagegen vom H und O angenommen, sie seien bereits zu Wasser näher verbunden. Nach Abzug des C und H in Urin und Koth würden dann die der Verbrennung anheimfallenden C- und H-Mengen zurückbleiben und zwar (s. 270) in 24 Stunden in Grammen:

	Kohlenstoff:	Wasserstoff:
Eiweisskörper 120 Gr. . .	64,18	8,60
Fette 90 Gr.	70,20	10,26
Amylon 330 Gr.	146,82	—
Summe . . .	281,20	18,86
Abzug des C und H der Urin- und Kothbestandtheile .	29,8	6,3
Zu oxydirender Rest . .	**251,4**	**12,56.**

Der Kohlenstoff würde geben 251,4 × 8040 = 2 031 312; der Wasserstoff 12,56 × 34 460 = 432 818 Calorien. Die tägliche Gesammtwärme beliefe sich also rund auf 2 464 000 Calorien.

Nach § 261 ist jedoch die Verbrennungswärme einer Substanz keineswegs genau gleich der Verbrennungswärme ihres C und H. Frankland bestimmte die Verbrennungswärme der obengenannten Nährstoffe durch den direkten Versuch (s. Columne a der nachfolgenden Tabelle); man erhält dann für die, unserer obigen Rechnung zu Grund gelegten Mengen von Nährstoffen, die in Col. b verzeichneten Calorien für die 24stündige Periode.

	a Calorien gebildet durch Verbrennung von 1 Gramm.	b Calorien in 24 Stunden.
Eiweiss	4998	599760
Kohlenhydrate (Traubenzucker)	3277	1081410
Fette	9069	816210
	Gesammtzahl =	2497380 Calorien.

Der Eiweisswerth mindert sich aber dadurch ein wenig (auf 4263 Calorien), dass die Eiweisskörper zum Theil in Form von Harnstoff, also halbverbrannt, den Organismus verlassen. Bei starker Fleischnahrung liefert der Mensch, nach Frankland, in 24 Stunden $2^3/_4$ Millionen Calorien. Die Fette und Kohlenhydrate sind demnach die Hauptwärmequellen des Organismus.

Die Calorimeterwerthe, welche am lebenden Organismus einerseits und bei der künstlichen Verbrennung seiner Bestandtheile andererseits gefunden wurden, stimmen demnach gut mit einander überein; nach dem, was in § 261 über die Bestimmung der Heizkräfte der einzelnen Körperbestandtheile gesagt wurde, versteht es sich aber von selbst, dass in § 264 eingeschlagene Weg keine Wärmemengen ergeben kann, die für den lebenden Organismus strenge Gültigkeit haben.

265. Abfuhr der Wärme.

Die Wärmeverluste des Körpers bieten folgende tägliche Werthe:

1) Wasserverdunstung auf den allgemeinen Bedeckungen. Dadurch entsteht Kälte, mit anderen Worten: Wärme wird gebunden und zwar für je 1 Gramm Wasser etwa 582 Calorien. Diess gibt, für 660 Gramme, rund 364000 Calorien.

2) Wasserverdunstung im Athemorgan. 330 Gramme verdunstendes Wasser binden 182000 Calorien.

3) Erwärmung der Athemluft. Etwa 10 Millionen Cub. Cent. Met. Luft = 13000 Gramme zu 37° erwärmt ausgeathmet; eingeathmet im Mittel zu 12°, also erwärmt um 25°. Die Wärmekapazität der Luft ist 0,26, die des Wassers = 1 genommen. Also beträgt dieser Wärmeverlust 13000 × 25 × 0,26 = 84500 Calorien.

4) Abgabe von Urin und Koth. Die Temperatur derselben ist 37° die mittlere Temperatur der Zufuhren etwa 12°; also beträgt die Wärmemenge,

um die 1900 Grm. betragenden Massen zu erwärmen, 1900 × 25 = 47500 Calorien.

5) *Wärmestrahlung der Haut.* Sie bedingt weitaus den grössten Wärmeverlust, derselbe ist jedoch nicht direkt bestimmbar. Beträgt die tägliche Wärmeabgabe des Menschen = 2½ Millionen Calorien, so kommen, da die obigen 4 Verluste zusammengenommen 677500 Calorien betragen, auf die strahlende Wärme der Haut 1822500 Calorien.

100 abgegebene Calorien vertheilen sich also folgendermaassen:

Haut 87,5	Strahlung	73,0	
	Wasserverdunstung . .	14,5	
Athmen 10,7	Wasserverdunstung . .	7,2	21,7
	Erwärmung der Athemluft	3,5	
Urin (u. Koth)		1,8.	

266. Künstliche Impermeabilität der Haut.

Thiere, deren Haut mit einem luftdichten Firniss, Leim, Oelfarbe u. dgl. überzogen wird, gehen bald zu Grunde (*Fourcault*, *Becquerel* und *Breschet*). Kaninchen zeigen schon nach wenigen Stunden grosse Mattigkeit, Athemnoth, später Abnahme der Athem- und Pulsfrequenz, Eiweissharn, geminderte Empfindlichkeit der Haut für schmerzhafte Eindrücke, Lähmungserscheinungen oder auch Convulsionen, endlich immer auffallendes Sinken der Körperwärme (bis selbst auf 19°—20° C. im Mastdarm). Die ausgeathmete Kohlensäure sinkt nach *Valentin* selbst bis auf ein Siebentel der Norm, der inspirirte Sauerstoff aber verhältnissmässig weniger. Brachten *Valentin* und *Schiff* bereits bedeutend geschwächte Thiere in höhere Wärme, z. B. von 37°, so nahm nach einigen Stunden der respiratorische Gaswechsel zu, die Bewegungen wurden wieder kräftiger und auch anderweitige Zeichen von Wohlbefinden stellten sich vorübergehend ein. Wurden die mit Firniss bestrichenen Thiere von Anfang an, durch Aufenthalt in der Wärme, vor Abkühlung bewahrt, so blieben sie längere Zeit scheinbar ganz munter; der Tod konnte aber auf die Dauer ebenfalls nicht abgewandt werden. *Laschkewitsch* fand dagegen bei Einwickelung des gefirnissten Thieres in Baumwolle keine wesentlichen Störungen. Die Section ergibt Blutüberfüllung verschiedener Organe und Ergüsse in die serösen Cavitäten, sowie bedeutende Erweiterung der Gefässe der Haut und des Unterhautbindegewebes unter den gefirnissten Stellen (*Edenhuizen*).

Die Ursache des Todes ist nicht genügend erklärt. Die durch den Firnissüberzug bedeutend gesteigerte Abkühlung spielt eine Hauptrolle. Von Zurückhaltung einer auszuscheidenden Substanz kann nicht die Rede sein; Injection von Blut gefirnisster Thiere in gesunde bleibt ohne schädliche Wirkung (*Laschkewitsch*). Wird die Oberfläche bloss theilweis mit einem solchen Ueberzug bedeckt, so sind die Thiere in den ersten Tagen scheinbar wohl, später aber stellen sich die oben genannten Erscheinungen eben-

falls ein, die bald zum Tod führen. Nach Edenhuizen ist das beim Kaninchen der Fall, wenn bloss etwas mehr als 1/6 der Körperoberfläche befirnisst wird.

267. Künstliche Herabsetzung der Körperwärme.

Setzt man kleinere wechselwarme Thiere der Kälte aus, so sinkt ihre Temperatur bedeutend und rasch, unter Umständen auf 0° und etwas darunter, bei welchem Kältegrad die Säfte noch nicht gefrieren. Die Thiere sind alsdann scheintodt, erholen sich aber in einem wärmeren Mittel ziemlich bald vollständig. Diese Erscheinungen können nicht auffallen, da der Organismus der Wechselwarmen in unserm Clima auch normaliter einer bedeutenden Temperaturherabsetzung ausgesetzt ist.

Erstarrte Kröten und Frösche mit Eisstückchen in der Bauchhöhle oder in den Gliedern und gefrorenem Blut können sich in der Wärme wieder erholen. Sehr gross ist die Ertragungsfähigkeit der Eier der Wirbellosen, z. B. des Seidenwurmes nach Bonafous, gegen bedeutende und anhaltende Kälte.

Auch die Gleichwarmen sind keineswegs constant warm; die Temperaturerniedrigung ist aber in der Norm nur gering (s. Physiologie der Specialfunctionen), ja selbst in Krankheiten kommt ein Sinken der inneren Theile um mehrere Grade nur ausnahmsweis vor, z. B. Cholera, Oedem der Neugeborenen, gewisse Arten von Scheintod. Man kann aber die Körpertemperatur bedeutend erniedrigen, indem man die Wärmequellen durch Festbinden der Thiere beschränkt und die Wärmeabfuhr mittelst kalter Luft oder künstlicher Kältemischungen steigert. Hatte A. Walther durch solche Eingriffe Kaninchen bis auf 18° abgekühlt, so lagen dieselben apathisch da, ohne dass jedoch die willkürlichen oder reflectorischen Bewegungen gänzlich aufgehoben waren, die Pulsfrequenz sank bis auf 20, die Athembewegungen waren unter Umständen fast unmerklich, die Harnbildung ganz unterbrochen. Dieser Zustand kann über 12 Stunden bestehen, ehe der Tod eintritt. Die Section ergibt namentlich starke Blutüberfüllung und blutigseröse Ausschwitzungen in den Lungen; dagegen Blutarmuth des Gehirnes. Nach Pouchet findet eine Zerstörung zahlreicher Blutkörperchen statt. Die Reizbarkeit der Nerven und Muskeln bleibt auffallend lange erhalten, was nach Walther die Thiere sehr geeignet macht zu zahlreichen Nerven- und Muskelversuchen. Bringt man derartig erkaltete Thiere in ein mässig warmes Medium, so erlangen sie die Normalwärme nicht wieder, wohl aber, und zwar schon in 2—3 Stunden, wenn man sie einem der Körpertemperatur gleichen Wärmegrad aussetzt. Die Thiere können dann dauernd hergestellt werden. Die Erwärmung kann aber auch durch künstliches Athmen erzielt werden. Walther liess in mässigkühler Temperatur Thiere erkalten bis auf 18°, brachte sie alsdann in eine noch niederere Temperatur (10°) und leitete durch die Luftröhre künstliche Athmung einer kalten Luft ein; die Wärme stieg langsam, selbst um 10 Grade, und zugleich die Lebhaftigkeit der übrigen Verrichtungen.

Walther brachte durch die angegebenen Mittel die Wärme von Kaninchen sogar bis auf 9° herab, ohne dass die reflectorischen und willkürlichen (?) Bewegungen vernichtet waren. Aehnliche Zustände bietet das »Erfrieren« und der Erfrierungstod von Menschen, wobei unter geeigneten Bedingungen zunächst die peripheren Theile eine Eisbildung zeigen, ohne dass die Lebensfähigkeit der Hauptorgane nothwendig vernichtet ist. Eine starke Temperaturerniedrigung des Körpers ohne gänzliche Aufhebung der Verrichtungen ist übrigens nur unter bestimmten günstigen Versuchsbedingungen möglich; desshalb kann das Sinken der Temperatur innerer Theile bis unter 20° (bei entsprechender Lufttemperatur) von seinem praktischen Werth als Todeszeichen nichts einbüssen.

Das merkwürdigste Beispiel geringer Widerstandsfähigkeit gegen Kälte bieten die winterschlafenden Säugethiere. Die Lufttemperatur in den Höhlen der Murmelthiere beträgt + 3 bis + 5 im Winter; sinkt sie unter Null, so erwachen die Thiere (Mangili), sowie auch solche Kältegrade das Eintreten des Winterschlafes verhindern (Valentin). Ihre Eigenwärme bietet im wachenden Zustand in den gelinderen Jahreszeiten nichts Bemerkenswerthes; sie sinkt aber mit zunehmender Festigkeit des Winterschlafes, so dass der Ueberschuss der Körperwärme über die Luftwärme immer geringer wird. Valentin erhielt folgende Mittelwerthe für diesen Temperaturüberschuss: Halbwach bis ganzwach (als Unterbrechung des Winterschlafes) 28° — schlaftrunken 18° — leiser Schlaf 6° — fester Schlaf 1°, 6.

268. Künstliche Erhöhung der Körperwärme.

Wechselwarme Thiere, in die Wärme versetzt, erfahren eine bedeutende Erhöhung ihrer Temperatur und zwar um so schneller, je kleiner sie sind. Der Frosch z. B. kann in ½ Stunde unter günstigen Bedingungen um 6° bis 10° wärmer werden; in Medien von 50°—60° wird er bald scheintodt.

Aehnliche Zustände veranlasst nach Kunde die örtliche Einwirkung der Wärme auf das Gehirn. Wickelt man Frösche in feuchte Tücher mit Freilassung des Kopfes und bringt sodann mit heissem Sand gefüllte Säckchen auf das Schädeldach, so verlieren die Thiere die Empfindlichkeit, Motilität und selbst den Herzschlag; Zurückversetzung in Wasser stellt den Normalzustand bald wieder her.

Auch die Gleichwarmen zeigen eine wenn auch nur mässige Temperaturzunahme in hochwarmen Mitteln. Fordyce, Blagden, Berger u. A. haben am Menschen die Wirkungen des Aufenthaltes in Räumen untersucht, die selbst bis auf 100°—110° erhitzt waren. Die Schweissbildung ist ungeheuer gesteigert, die oberflächlichen Venen stark geschwellt, die geröthete Haut erregt lästige Gefühle brennender Hitze, die Pulsfrequenz steigt bedeutend, grosse Mattigkeit, Kopfschmerzen, Schwindel u. s. w. stellen sich ein, sodass der Aufenthalt nicht über 10—15 Minuten ohne die grösste Gefahr fortgesetzt werden kann. Die Körperwärme steigt nur um 1°—2°; bloss Berger gibt auch Erhöhungen um 4° bis selbst 5° (?) an. Die Temperaturzunahme erfolgt besonders rasch in einer mit Wasserdämpfen überladenen heissen Luft, welche die Verdunstung verhindert; im russischen Dampfbad erhebt sich die Temperatur schnell um 2°—3°.

Werden Säugethiere höheren Temperaturgraden ausgesetzt, so kann gleich-

wohl ihre Körperwärme nicht über 5—6° gesteigert werden; sie verfallen dann in Scheintod, von welchem sie jedoch durch Zurückbringen in ein kühleres Medium sich erholen. Fortgesetzte Einwirkung höherer Wärmegrade ist tödtlich (Hunde z. B. sterben etwa nach 18 Minuten in Luft von 120°, nach 30 Minuten bei 80°), die Temperatur des sterbenden Thieres ist übrigens höchstens um 7° über die Norm gestiegen.

Die Erhöhung der Körpertemperatur (nach conventioneller Annahme in der ärztlichen Praxis mindestens um 1°) ist das Hauptsymptom des Fiebers. Die obere Temperaturgrenze des fiebernden Menschen ist etwa 43°; nur höchst selten steigt das Thermometer auf 44°, einmal wurde $44^3/_4$° beobachtet (Wunderlich). Der menschliche Organismus geht zu Grund, wenn die Temperatur sich eine Zeitlang über 42°,5 behauptet.

XV. Statik des Gesammtstoffwechsels.

A. Durchschnittlicher Stoffwechsel.

269. Qualität der Zufuhren.

Der Organismus hat ein bestimmtes Bedürfniss des Wiederersatzes für die, in Form von Ausscheidungsstoffen verloren gehenden Körperbestandtheile. Diesem Bedürfniss wird genügt durch bestimmte Qualitäten und Quantitäten der Ersatzstoffe. Kein zusammengesetztes Nahrungsmittel reicht für sich hin zur Ernährung des Menschen. Ausnahmen machen bloss in gewissen Lebensperioden: 1) die Milch für den Säugling, und 2) das Ei, aus dem der Fötus der Eierleger sein Nahrungsmaterial ausschliesslich entnimmt. Diese Thatsachen, sowie auch die chemischen Analysen solcher Beköstigungsweisen, bei welchen der Mensch gut bestehen kann, lehren, dass der Körper zur Ernährung bedarf: Wasser, gewisse unorganische Bestandtheile und mindestens je einen Vertreter aus der Gruppe der Eiweisskörper und der sogenannten Respirationsmittel, also ein Kohlenhydrat oder ein Fett. Diese 4 Hauptgruppen von Zufuhren haben durchaus verschiedene Bedeutungen für den Gesammtstoffwechsel. 1) Das Wasser ist das Lösemittel der am Stoffwechsel theilnehmenden Substanzen. 2) Die Mineralstoffe dienen als Ersatz für den Verlust des Körpers an unorganischen Bestandtheilen. 3) Die Eiweisskörper ersetzen die verloren gegangenen stickstoffhaltigen Körperbestandtheile. 4) Die sog. Respirationsmittel dienen vorzugsweis zur Wärmebildung (264).

Das Leben kann, nach Versuchen von Tiedemann, Magendie u. A. auf die Dauer nicht bestehen, wenn ein Nährstoff ausschliesslich dargereicht wird. Werden z. B. Hunde bloss mit einem Kohlenhydrat gefüttert, so magern sie schnell ab; sie verzichten bald lieber auf weitere einseitige Nahrung der Art und sterben, bei Gestattung willkürlichen Wassertrinkens, nach 2—4 Wochen im Zustand höchster Entkräftung. Etwas länger wird das Leben erhalten bei einseitiger Nahrung mit Fetten, verhältnissmässig am längsten bei solcher mit Eiweisskörpern. Bei reiner, fettloser (?) Fleischnahrung soll ein vorher gut genährter fettreicher Fleischfresser sogar auf die Dauer bestehen können; von einem absoluten Fettmangel der Nahrung kann aber unter diesen Umständen keine Rede sein.

Der Gehalt der Nahrungsmittel an Eiweisskörpern ist von hoher Bedeutung, ohne aber, wie man früher meinte, deren »Nahrungswerth« ausschliesslich darzustellen. Am höchsten stehen in dieser Beziehung (s. Tabelle § 162) Käse (einige 30 %), Hülsenfrüchte und Fleisch. Nebstdem kommt in Betracht das Verhältniss der Stickstofffreien Nährsubstanzen zu den Stickstoffhaltigen; werden letztere = 1 gesetzt, so betragen erstere: in Linsen und Erbsen etwa 2, im Ochsenfleisch $1^3/_4$, Mehl 5, Kartoffel 10.

270. Quantität der Zufuhren.

Der Erwachsene ist gut genährt, wenn er, mässig bewegte Lebensweise vorausgesetzt, täglich etwa einnimmt in Grammen: 120 Eiweisskörper, 90 Fette und 330 Amylacea, also ein Verhältniss der Stickstoffhaltigen Substanzen zu den Stickstofflosen wie 1 zu ungefähr $3^1/_2$. Die Nahrungsmittel enthalten genügende Mengen anorganischer Bestandtheile; der übliche Kochsalzzusatz hat mehr die Wirkung einer Würzung der Speisen, als die eines Ersatzmittels. Die mittlere Wasserzufuhr in Speisen und Getränken beläuft sich auf etwa 2700—2800 Grammen. Die täglichen Ersatzstoffe betragen annähernd $3^1/_5$ Kilogramme ($6^1/_8$—$6^1/_2$ Pf.), ungefähr $^1/_{20}$ des Körpergewichtes.

Die folgende Tabelle gibt in Grammen eine Uebersicht sämmtlicher 24stündigen Zufuhren (den durch das Athmen aufgenommenen Sauerstoff mitgerechnet), wobei von denjenigen, welche im Organismus chemische Umlagerungen erfahren, auch die Mengen der Elementarbestandtheile angegeben sind. Das O und H des Stärkmehls sind (s. dagegen 264) als Wasser berechnet.

	Total	C	H	N	O	O d. Atmosphäre
Atmosphär. Zufuhr . . .	(744,1)	—	—	—	—	744,11
Eiweisskörper	120	64,18	8,60	18,88	28,34	—
Fette	90	70,20	10,26	—	9,54	—
Amylon	330	146,82	20,33	—	162,85	—
Wasser	2818	—	—	—	—	—
Salze	32	—	—	—	—	—
	3390 (744,1)	281,20	39,19	18,88	200,73	744,11
	4134 Gramme				944,8	

Mulder, Playfair, Liebig u. A. haben die Zufuhren aus den statistischen Angaben über die Beköstigung von Soldaten, Arbeitern u. s. w. berechnet. Die Werthe schwanken bezüglich der Eiweisskörper zwischen 67 bis selbst 200, die der stickstofffreien Substanzen zwischen etwa 330 bis 480 Grammen, Abweichungen, die sich grossentheils

aus der Verschiedenheit der Lebensweise der, jenen Beobachtungen zur Grundlage dienenden Classen erklären.

Ganz anders gestalten sich die Proportionen der Nährstoffe in Thieren, die ausschliesslich entweder auf Pflanzen- oder auf Fleischnahrung angewiesen sind. Im Futter des erwachsenen Rindviehs (vorausgesetzt, dass es zu keiner besondern Leistung wie Milchsecretion, Mästung u. s. w. verwendet werden soll) werden die Eiweisskörper von den Kohlenhydraten um das 8—9fache übertroffen (sog. Erhaltungsfutter).

271. Gesammtstoffverlust des Körpers.

Das Körpergewicht des Erwachsenen kann im Normalzustand als constant betrachtet werden, d. h. die durchschnittlichen täglichen Zufuhren decken genau die durchschnittlichen Ausgaben derselben Periode. Die Ausscheidungsstoffe sind: Wasser, anorganische Salze, Kohlensäure und Harnstoff; von den übrigen: Harnsäure, Harnextractivstoffen, Hautfett u. s. w. wird, da sie sehr wenig in's Gewicht fallen, bei statistischen Fragen abgesehen. Als complexe chemische Körper werden die organischen Ersatzstoffe aufgenommen, um den Organismus in Form sehr weniger, grösstentheils unorganischer, einfacher Verbindungen zu verlassen. Die Salze verändern sich nicht wesentlich, sowie auch nahezu alles ausgeschiedene Wasser schon als solches in den Zufuhren enthalten ist.

Folgende Tabelle (Grammwerthe) dient zum Vergleich der täglichen Ausgaben unter sich und mit den, in 270 aufgezählten, Einnahmen eines gut beköstigten Menschen.

	Total	Wasser	C	H	N	O	Salze
Athmen	1229,9	330	248,8	—	?	651,15	—
Hautausdünstung .	669,8	660	2,6	—	—	7,2	—
Urin	1766,0	1700	{6,8 3,0}	{2,3 1,0}	15,8 —	{9,1 2,0}	26
Koth	172,0	128	20,0	3,0	3,3	12,0	6
Summe	—	**2818**	**281,2**	6,3	**18,8**	681,45	**32**
Wasserbildung	296,3	—		32,89	—	263,41	
	4134 Gramme			**39,19**		**944,8.**	

In der Rubrik Urin entspricht die obere Zahlenreihe den stickstoffhaltigen Bestandtheilen, als Harnstoff in Rechnung gebracht. Die Lungenkohlensäure enthält 651,15 Gr. Sauerstoff. Von den 39,19 Gr. H der Nahrung werden, (nach Abzug von 6,3 H des Harnes und Kothes) 32,89 Gr. zu Wasser oxydirt; dazu sind 263,41 Gr. O erforderlich, die grossentheils vom O der Amylacea (162,85 Gr. Tabelle des § 270) geliefert werden. Die Vergleichbarkeit mit der Tabelle des vorigen § wird erleichtert, wenn das im Organismus entstehende Wasser zunächst nicht in die einzelnen Wasser-Ausgaben eingerechnet wird; die Gesammtwasserausscheidung wäre demnach 2818 (als solches importirtes) + 296 (im Körper entstandenes) Wasser = 3114 Gramme.

Die Athmung scheidet etwa 32, die Hautausdünstung 17, der Harn 46½, der Koth 4½ Procente der gesammten Excretionsmassen aus.

Obige Werthe beruhen auf zahlreichen Angaben verschiedener Forscher über die Einzelausscheidungen und die Zufuhrmengen; sowie sie auch bestätigt werden durch die Bestimmungen des ehedem sogenannten unmerklichen Verlustes, welche zuerst von Sanctorius zu Anfang des 17. Jahrhunderts festgestellt worden sind. Derselbe untersuchte mittelst der Wage die sog. Perspiratio insensibilis und verglich sie mit den »sensibeln« Ausscheidungen (Urin

und Koth), sowie mit den Zufuhren in den Nahrungsschlauch; das erste Beispiel statistischer Bestimmungen der Einnahmen und Ausgaben des Körpers, überhaupt der Anwendung der messenden Methode zu physiologischen Zwecken. Im vorigen Jahrhundert wurden diese Bemühungen von Keil, Gorter u. A. fortgesetzt; die ausführlichste neuere Versuchsreihe ist von A. Volz.

Wägt man sich von Stunde zu Stunde, ohne Harn und Koth zu entleeren, so erhält man einen durchschnittlichen Gewichtsverlust je von etwa 50 Grammen; also in 24 Stunden ungefähr 1200 Gramme. Dieser Verlust muss gedeckt werden durch den Kohlenstoff der Respiration und Hautausdünstung (251,4), und das Athmungs- und Hautwasser (990), in Summa 1241 Gramme laut obiger Tabelle. Nach Volz kommen 59 % des Körpergewichtsverlustes auf den Urin, 35 auf die Perspiratio insensibilis, 6 % auf den Koth. Unsere 1241 Gramme stehen, mit 32—33 %, obigem Werth (35 %) nahe. Dass diese Wägungen nicht den absoluten Verlust durch Haut und Lunge ausdrücken, ist klar; sie geben bloss den Ueberschuss des Gewichtes der Kohlensäure und des Lungen- und Hautwassers über den aus der Luft aufgenommenen Sauerstoff.

272. Die Zufuhren als Kraftquellen.

Die Umsetzungen erfolgen auf Kosten der Bestandtheile der Organe und Säfte, diese aber ersetzen ihre Verluste aus den vom Körper assimilirten Nährstoffen; demnach sind die Zufuhren in letzter Instanz die Quellen aller organischen Thätigkeiten. Die Statik des Stoffwechsels darf nicht stehen bleiben bei der Bilanz der stofflichen Einnahmen und Ausgaben, sie muss auch eingehen auf die Kraftausgaben des Organismus und auf die Rolle der Nahrungsmittel als Kraftquellen.

Das was der Organismus nach Aussen überträgt an unmittelbar wirkungsfähiger Kraft, lässt sich immer zurückführen auf zwei Hauptformen, nämlich Wärme und mechanische Arbeit. Das Maass der Arbeit ist der sog. Nutzeffect (85); in einem solchen Maass kann aber auch die abgegebene Wärmemenge (264) ausgedrückt werden. Da nun diese mechanisch auswerthbaren Leistungen in letzter Instanz abhängen von den Nahrungsmitteln, so darf von einem mechanischen Aequivalent der Speisen mit Recht die Rede sein; dasselbe beträgt (s. 263) für die täglichen Zufuhren gegen 1400000 Kilogrammmeter. Würden die täglichen Zufuhren direkt vollständig verbrannt, so würde der dadurch gebildeten Wärmemenge wiederum ein mechanisches Aequivalent entsprechen, welches von dem eben angegebenen Werth nicht allzuweit abstehen würde.

Die Zufuhren, indem sie die Functionirungen aller Organe unterhalten, vermitteln eine unendliche Menge von Einzelleistungen; die Nahrung enthält somit eine bestimmte Summe latenter, wirkungsfähiger Kräfte, die im Organismus unter bestimmten Bedingungen und an bestimmten Stellen frei werden und die alle (wenn wir absehen von den, in diesem Betreff völlig incommensurabeln sensuellen und rein psychischen Thätigkeiten) auf ein gemeinsames Maass, d. h. eine geleistete mechanische Arbeit zurückgeführt werden können. Hierher gehören unter Anderem diejenigen Muskelbewegungen, die dem Organismus zu-

nächst allein zu gut kommen, z. B. der Umtrieb des Blutes durch die Herzbewegungen, die Athemzüge, Darmperistaltik u. s. w.

Die Arbeitsgrössen (mechanische Aequivalente) dieser »inneren« Bewegungen sind aber nicht, oder nur ungenügend bekannt, mit Ausnahme der Arbeit der linken Herzkammer, deren Secundenwerth (§ 158) 0,54 Kil. Met. beträgt. Diess gibt für 24 Stunden 46000 K. M. Die Effecte der 3 übrigen Herzabschnitte zusammengenommen sind jedenfalls geringer. Der Gesammteffect des Herzens in 24 Stunden mag sich auf etwa 70000 K. M. belaufen. Alle diese «inneren Arbeiten« dürfen natürlich als solche nicht mitgerechnet werden bei der Bestimmung des mechanischen Aequivalentes der Zufuhren, da die Endleistungen der letzteren einzig und allein in Herstellung von nach Aussen abgegebener Arbeit und Wärme (resp. dem mechanischen Aequivalent der letzteren) bestehen.

273. Umsatzgrösse der einzelnen Nährstoffe.

Dieselbe ändert sich mit jeder Veränderung der Beköstigung; wir beschränken uns auf das durchschnittliche Kostmaass des Erwachsenen.

I. Die absolute Umsatzgrösse der Hauptbestandtheile der Zufuhren ergibt sich unmittelbar aus den Werthen, in welchen sie in den Organismus einverleibt werden. 1000 Theile zur Resorption kommender Zufuhren enthalten: Eiweisskörper (und sonstige stickstoffhaltende Substanzen) 37, Kohlenhydrate 103 Fette 28, Salze 8, Wasser 824.

II. Unter relativer Umsatzgrösse eines Nährstoffes dagegen verstehen wir das Verhältniss, in welchem dessen tägliche Zufuhrmenge steht zu der Menge seiner, in den Säften und Organen des Körpers beständig vorhandenen Repräsentanten. Nach einer Zusammenstellung Moleschott's enthalten 1000 Gewichtstheile des menschlichen Körpers: Eiweisskörper 152, Abkömmlinge von Eiweisskörpern 49, Fett 25, Extractivstoffe 6, Salze 92, Wasser 676. Bezold's direkte Bestimmungen ergaben für Säugethiere einen Wassergehalt von 68—71 % und einen Aschenwerth von 4 %.

Die täglichen Zufuhrmengen betragen somit 1 % der im Körper vorhandenen stickstoffhaltigen Substanzen, 0,4 % der vorräthigen Salze, gegen 6 % des vorhandenen Fettes, etwas über 6 % des Körperwassers; während die Menge der eingeführten Kohlenhydrate im Verhältniss zu den im Organismus vorhandenen Repräsentanten dieser Gruppe eine enorme ist.

274. Gewicht der Einzelorgane.

Viele Untersuchungen über den Stoffwechsel erfordern die Kenntniss dieser Werthe. Die 3 ersten der folgenden Zahlen hat Dursy an einem 65250 Gramme schweren 42jährigen kräftigen Selbstmörder (Erhängten) gefunden; die übrigen Angaben sind von Krause, zum Theil auch von E. Bischoff.

Cutis und Fettpolster . .	7 404 Gr.	Schilddrüse	15 Gr.
Muskeln und Sehnen . .	35 158 »	Thymus	7 »
frisches Skelet	9 753 »	Herz	292 »
Zunge sammt Muskeln . .	83 »	Grosse Gefässe	361 »
Zungenbein	3 »	Milz	246 »
Parotiden	50 »	Nieren	292 »
Submaxillardrüsen . . .	18 »	Nebennieren	11 »
Sublingualdrüsen	6 »	Hoden	36 »
Speiseröhre	51 »	Harnblase und Penis . .	190 »
Magen	202 »	Nebenhoden	4 »
Dünndarm	780 »	Prostata	18 »
Dickdarm	480 »	Hirn	1 430 »
Leber	1 856 »	Rückenmark	36 »
Pankreas	88 »	Nervenstämme	290 »
Kehlkopf, Luftröhre, Bronchien	79 »	Augen	15 »
Lungen	1 200 »		

Für das Blut ($^1/_{13}$ des Körpergewichts) sind rund 5000 Gramme zu setzen.

B. Abweichungen vom durchschnittlichen Stoffwechsel.

275. Aeussere Ursachen dieser Abweichungen.

Die in 270 und 271 gezogene Bilanz der Einnahmen und Ausgaben bezieht sich auf den mittleren Menschen, der weder extremen äussern Einflüssen ausgesetzt ist, noch von einzelnen Functionen, namentlich der Muskelthätigkeit, einen einseitigen Gebrauch oder Nichtgebrauch macht. Derselbe vollbringt ein bestimmtes Maass physiologischer Leistungen, d. h. von inneren Bewegungen, von nach Aussen übertragener mechanischer Arbeit und von Wärmeeinheiten; für die, dem Körper verloren gehenden, Verausgabungen verlangt er ein bestimmtes Aequivalent an Zufuhren. Dafür ist er im Stande, diese Leistungen Tag für Tag in derselben Grösse zu wiederholen, ohne dass sein Körpergewicht oder die proportionale Menge der Einzelbestandtheile seines Körpers wesentliche Veränderungen erleiden. Dieses Durchschnittsverhältniss kann aber bedeutend abgeändert werden entweder 1) durch Veränderung der Zufuhren; dann ändern sich natürlich auch die Leistungen, ja unter Umständen sogar der Körper selbst; oder 2) durch Veränderung der Leistungen. Eine solche erheischt wiederum eine entsprechende Modifikation der Zufuhren.

I) Die Zufuhren steigen. Dann sind 2 Erfolge möglich: *a*) Die Verausgabungen nehmen in aequivalenter Weise zu. Der Körper leistet jetzt mehr, ändert aber sein Gewicht nicht. *b*) Die Verausgabungen steigen nicht, oder doch nicht entsprechend; der Körper legt nunmehr zu an Gewicht.

II) Die Zufuhren werden mässig gemindert. Der Körper zehrt,

in soweit das Bedürfniss nicht gedeckt wird, auf eigene Kosten; er verliert allmälig an Gewicht. Mit Abnahme der Körpermasse sinken auch die Umsetzungen, überhaupt die Leistungen; es muss aber ein Punkt kommen, wo die geminderten Zufuhren hinreichen, die nunmehrigen Verausgabungen zu decken. Auf diesem neuen Beharrungszustand bleibt der mager gewordene Körper stehen und zwar, wenn die Zufuhren nur eine mässige Herabsetzung erfahren haben, im Zustand relativer Gesundheit.

III) Die Zufuhren werden bedeutend geschmälert oder gänzlich vorenthalten. Der Körper magert ab und geht, mit zunehmender Leistungsunfähigkeit, dem Hungertod entgegen.

Der Gesammtstoffwechsel bewegt sich auch im normalen Zustand innerhalb einer bedeutenden Breite. Die Thiere würden, gegenüber den Schwierigkeiten und Zufälligkeiten bei der Beschaffung ihrer Nahrung den grössten Gefahren ausgesetzt sein, wenn es sich anders verhielte. Ihre Körpergewichte wechseln nicht unbeträchtlich. Damit gehen aber auch Schwankungen der Functionen Hand in Hand, so zwar, dass Compensationsmittel in Menge vorhanden sind, die das Bestehen des Organismus sichern und denselben den jeweiligen, unter Umständen ziemlich extremen äusseren Verhältnissen anpassen. Eines der wichtigsten Compensationsmittel besteht darin, dass der schlechtbeköstigte Körper wenig, der reichbeköstigte dagegen viel verausgabt.

276. Innere Ursachen des Stoffwechsels.

Gegenüber den im vorigen § betrachteten Einflüssen macht der Organismus seine Individualität auf das Mannigfaltigste geltend.

1) Manche Individuen verlangen viele, andere dagegen verhältnissmässig nur wenige Zufuhren. Die ersteren sind zu grösseren Effecten befähigt.

2) Ein und derselbe Gesammteffect kann erreicht werden durch verschiedene Combinationen der gebildeten Wärme und der geleisteten Arbeit.

Von zwei, in gleicher Weise beköstigten Organismen kann z. B. der eine mehr Arbeit und weniger Wärme liefern, während der andere sich umgekehrt verhält. Dieses Thier taugt besonders zur Mästung, jenes gibt grosse Milchmengen u. s. w. Häreditäre Einflüsse machen sich hier besonders geltend.

3) Der Einfluss des Körperzustandes auf Intensität und Richtung der in Rede stehenden Leistungen tritt besonders hervor in gewissen Krankheiten; gerade hier stossen wir auf überaus merkwürdige Zustände, in denen der Stoffwechsel völlig aus den Fugen gerissen ist. In der Zuckerharnruhr werden grosse Mengen Zucker unverwendet durch die Niere ausgeschieden, während in der Norm der Zucker, sei er von Aussen eingeführt oder im Organismus gebildet, wieder verschwindet, d. h. zu Wärmeeffecten u. s. w. nutzbar gemacht wird. Besonders interessante Beispiele bieten die heftigeren Fiebergrade. Im Abdominaltyphus kann die tägliche Harnstoffmenge auf 50, selbst 70 Gramme steigen, obschon der Kranke sich unter Bedingungen befindet (Aufenthalt im Bett, nahezu vollständiges Fehlen stickstoffhaltiger Zufuhren), unter welchen der normale Körper nur sehr wenig Harnstoff bilden würde.

Alle diese so verschiedenen physiologischen und pathologischen Zustände erfordern gewisse quantitative und qualitative Modificationen der Zufuhren; dasselbe ist der Fall, wenn von einem Organismus bestimmte, mehr oder weniger einseitige, Leistungen verlangt

werden. Die schlagendsten Beispiele liefern die Erfahrungen der Thierzüchter. Es gibt bestimmte Kostmaasse für den wachsenden, ökonomisch noch nicht benutzbaren Organismus, für das zur Arbeit, zur Zucht, zur Milchgewinnung oder Mästung verwendete Vieh, sowie endlich auch für das, vorübergehend nicht verwendete, erwachsene Thier eine gewisse Diät, ein bestes Maass des sog. Erhaltungsfutters aufgestellt werden kann. Diese Kostmaasse sind blosse Durchschnittswerthe und einzelne Individuen können immerhin mehr oder weniger grosse Abänderungen verlangen und zwar aus Ursachen, die nicht oder nur theilweis ermittelt werden können; die Zeit wird aber bestimmt kommen, in welcher für einen gegebenen Organismus die beste Form der Ernährung abgeleitet werden kann aus der Betrachtung und Ausmessung seiner Hauptfunctionen. Die Ersetzung der mangelhaften empirischen Regeln der medicinischen Diätetik durch wissenschaftliche Principien ist eine der höchsten Aufgaben einer künftigen Physiologie der Ernährung.

277. Stoffwechsel im Verhungernden.

Der hungernde Organismus verliert, indem seine Ausscheidungen fortbestehen, beständig an Körpergewicht, und zwar anfangs rasch, später langsamer; in den letzten Lebensstunden ist der Gewichtsverlust höchst gering. Nach Chossat tritt der Tod ein, wenn die Thiere durchschnittlich etwa $^4/_{10}$ ihres Körpergewichtes verloren haben. Die Abweichungen von dieser Mittelzahl sind übrigens ziemlich gross; sie liegen zwischen $^1/_5$ und mehr als $^1/_2$ des Körpergewichtes. Letzterer Werth kommt bei sehr fetten, ersterer bei schwächeren und jungen Thieren vor. Je stärker der auf die Körpergewichtseinheit bezogene Stoffwechsel, desto früher tritt der Termin ein, bis zu welchem die Thiere den tödtlich werdenden Körperverlust erleiden. Frösche sterben durchschnittlich erst nach 9 Monaten; kleinere Säugethiere und Vögel, bei gleichzeitiger Entziehung des Getränkes, etwa in 9 Tagen. Menschen sollen unter solchen Umständen (war die Darbung eine absolute?) 3 Wochen gelebt haben.

Das Blut wird, während es an Masse einbüsst, zunehmend concentrirter, vorausgesetzt dass auch die Wasserzufuhr aufhört (Nasse). Dabei sinkt der Eiweissgehalt des Serum stark, dagegen der %Gehalt an Blutkörperchen und Faserstoff nicht merklich (Valentin, Panum). Die oberflächlichen Theile sind blass, welk; die Haut runzelig in Folge des Schwindens des Fettes. Die Absonderungen werden sparsam und concentrirter. Der Mund ist auffallend trocken, die Bildung der eigentlichen Verdauungssäfte hört auf. Die Gallenblase füllt sich mit dickflüssiger Galle. Puls und Athemzüge werden seltener; der respiratorische Gaswechsel nimmt bedeutend ab, die Sauerstoffabsorption jedoch weniger als die Kohlensäureausscheidung, in Folge der starken Oxydation des Körperfettes. Bei einem, vorher sehr gut genährten Hunde fanden Pettenkofer und Voit am zehnten Hungertage bloss 52% des absorbirten O wieder in der Kohlensäure. Der sparsame concentrirte Harn reagirt stark sauer und wird sehr arm an Harnstoff; auch der Harnstoff sinkt anfangs rasch, später viel langsamer. Nach Voit sinkt die Harnstoffausscheidung in den ersten Hungertagen um so rascher, je grösser sie im Normalthier war; desshalb erleidet ein vorher reichlich gefüttertes Thier ziemlich bald nach Beginn des Hungerns dieselbe Herabsetzung des Stoffwechsels, welchen das schlecht

gefütterte schon nach den ersten Hungertagen bietet. Auch die Verheilung von Wunden und Knochenbrüchen, sowie die Stärke der Eitersecretion ist bedeutend beeinträchtigt oder selbst ganz eingestellt. Alle Functionen des Stoffwechsels sind demnach in hohem Grade, jedoch nicht gleichmässig herabgesetzt; die Harnstoffminderung z. B. ist ungemein viel grösser als die Abnahme der Kohlensäure. Die Muskelschwäche nimmt immer mehr zu; unter Sinnesverwirrung und schlafsüchtigen Zuständen tritt der Tod ein.

Die ausgedehnteste Arbeit der Art haben Bidder und Schmidt geliefert. Das Versuchsthier (Katze) erhielt ausser kleinen Wassermengen nichts. Die 24stündigen Kohlensäurewerthe sind übrigens auf Grund von nur je 2 täglichen Versuchsstunden berechnet. Die Versuchsreihe begann 8 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme. Die Zahlen bedeuten Gramme.

Versuchstag	Körpergewicht in der Mitte des Versuchstags.	Getrunkenes Wasser.	Harnmenge.	Harnstoff.	Unorganische Bestandtheile des Harns.	Trockene Fäces.	Ausgeathmete Kohle.	Wasser in Harn und Fäces.
1	2464	—	98	7,9	1,3	1,2	13,9	91,4
2	2297	11,5	54	5,3	0,8	1,2	12,9	50,5
3	2210	—	45	4,2	0,7	1,1	13,0	42,9
4	2172	68,2	45	3,8	0,7	1,1	12,3	43,0
5	2129	—	55	4,7	0,7	1,7	11,9	54,1
6	2024	—	44	4,3	0,6	0,6	11,6	41,1
7	1946	—	40	3,8	0,5	0,7	11,0	37,5
8	1873	—	42	3,9	0,6	1,1	10,6	40,0
9	1782	15,2	42	4,0	0,5	1,7	10,6	41,4
10	1717	—	35	3,3	0,4	1,3	10,5	34,0
11	1695	4,0	32	2,9	0,5	1,1	10,2	30,9
12	1634	22,5	30	2,7	0,4	1,1	10,3	29,6
13	1570	7,1	40	3,4	0,5	0,4	10,1	36,6
14	1518	3,0	41	3,4	0,5	0,3	9,7	38,0
15	1434	—	41	2,9	0,4	0,3	9,4	38,4
16	1389	—	48	3,0	0,4	0,2	8,8	45,5
17	1335	—	28	1,6	0,2	0,3	7,8	26,6
18	1267	—	13	0,7	0,1	0,3	6,1	12,9
		131,5	**775**	**65,9**	**9,8**	**15,8**	**190,8**	

278. Abnahme der Körperorgane des Verhungernden.

Die Organe ohne Ausnahme verlieren an Gewicht und Volum, jedoch, nach Chossat, in sehr verschiedenem Grade. Nach eingetretenem Hungertod sind geschwunden: das mechanisch. abgelagerte Fett um $^9/_{10}$ des Gewichtes (die Fettzellen selbst bleiben erhalten, bloss ihr Inhalt schwindet, Kölliker), Milz $^7/_{10}$, Pankreas und Leber $^5/_{10}$, Herz, Muskeln, Nahrungskanal (der zugleich bedeutend kürzer wird) $^4/_{10}$, Nieren $^3/_{10}$, Athmungsorgane $^2/_{10}$, Knochen $^1/_6$, Auge $^1/_{10}$, centrales Nervensystem $^1/_{50}$. Die Blutmenge nimmt ungefähr in demselben Verhältniss ab, wie das Gesammtkörpergewicht (Panum).

Offenbar sind hier zweierlei Verhältnisse zu unterscheiden: 1) Gewisse Organe schmelzen so, dass sie unmittelbar Produkte der regressiven Metamorphose liefern, welche aus dem Körper ausgeschieden werden. 2) Andere Organe

aber geben, ausser den Produkten der regressiven Metamorphose, gewisse Antheile ihrer normalen Gewebbestandtheile in die Blutmasse ab, um entweder schon dort, oder erst wenn sie wieder in das Parenchym gewisser Organe übergegangen und Bestandtheile der letzteren geworden sind, der regressiven Metamorphose anheimzufallen. Diese schmelzenden Theile tragen also zunächst zur Ernährung anderer Körperorgane bei. Die Gewichtsabnahme eines Organs lehrt demnach nichts über dessen Stoffwechsel-Intensität während der Inanition. Ein Organ, welches beim Hungern sein Gewicht annähernd behauptet, kann dabei einen geringen oder einen starken Stoffwechsel erfahren haben; im letzteren Fall vegetirt es energisch auf Kosten der schmelzenden Organe. Diess mag namentlich beim Nervensystem der Fall sein, bei welchem übrigens Bidder und Schmidt viel grössere Gewichtsverluste erhielten, als oben angegeben.

Bidder und Schmidt berechneten für das, 277 erwähnte Versuchsthier während der ganzen Dauer der Inanition einen Verlust von 204 Grammen Eiweisskörpern, 133 Fetten, 10 anorganischen Bestandtheilen und 1000 Grammen Wasser. Der Vorrath an Eiweisskörpern hätte demnach sich gemindert etwa um 39 %, die unorganischen Bestandtheile um 4½ %, das Wasser um 58 % (das Thier durfte übrigens kleine Wassermengen geniessen), das Fett dagegen war fast völlig verschwunden. Die Summe aller festen Bestandtheile sank um 37 %.

Bidder und Schmidt berechneten das Gewicht der der regressiven Metamorphose verfallenen Eiweisskörper aus dem Stickstoffgehalt der Fäces und des Harnes. Von dem direkt bestimmten Gesammtverlust an Kohlenstoff (in Harnstoff, Fäces und Lungenkohlensäure) wurde abgezogen der Kohlenstoff der Eiweisskörper und der Rest als Kohlenstoff der Fette berechnet. Der auf diese Weise erhaltene Fettverlust ist wohl etwas zu gross. Die Gesammtverluste an festen Bestandtheilen des Körpers und an Wasser wurden auch direkt bestimmt durch Vergleichung des verhungerten Thieres mit einem normalen von gleichem Wuchse.

279. Reine Fleischkost.

Der Fleischfresser vermag enorme Mengen Fleisch zu verdauen. Wird ein Hund mit einer gewissen Fleischration gefüttert, so stellt sich nach einigen Tagen ein Gleichgewichtszustand der Stickstoffumsetzung ein, d. h. der in der Zufuhr enthaltene Stickstoff kommt im Harn (fast ausschliesslich als Harnstoff) und im Koth vollständig wieder zum Vorschein (Bischoff und Voit). Wird, nach erreichtem Stickstoffgleichgewicht, zur Nahrung Harnstoff zugesetzt, so kommt auch letzterer vollständig im Harn zum Vorschein (Voit).

Wird sodann die Fleischration vermindert, so führen Harn und Koth mehr Stickstoff aus, als die Nahrung einführt; das Körpergewicht sinkt und zwar auf Kosten der Stickstofffreien, wie der Stickstoffhaltigen Bestandtheile. Bald aber stellt sich ein neuer Beharrungszustand ein, indem die Stickstoffabfuhr mit der Zufuhr in's Gleichgewicht kommt und das durchschnittliche Körpergewicht stationär bleibt.

Geht man aber zu einer grösseren Fleischration über, so steigt das Körper-

gewicht und zwar zu Gunsten der Stickstofflosen wie der Stickstoffhaltigen Bestandtheile d. h. der Eiweisskörper und Leimgebenden Substanzen. Dabei scheinen die ersteren früher in Beharrungszustand zu kommen, d. h. der Stickstoff des im Uebermaass genossenen Fleisches kommt in Form von Harnstoff bald vollständig zum Vorschein, wogegen nicht aller Kohlenstoff des Fleisches im Harn und der Ausathmungsluft wieder auftritt; das Deficit wird wohl zur Fettansammlung verwendet. Bei sehr starker Fleischfütterung nimmt die respiratorische Kohlensäure erheblich zu, sehr viel mehr aber der Harnstoff, der in kräftigen Hunden auf 150—180 Gramme täglich steigen kann.

Demnach setzt sich der Körper mit einer bestimmten Fleischration — vorausgesetzt dass sie überhaupt genügt — schon nach wenigen Tagen in's Gleichgewicht und führt dann nur soviel Stickstoff aus, als er in der Nahrung empfängt. Dieser Beharrungszustand liess sich in den Versuchen von Bischoff und Voit an einem über 30 Kilogr. schweren Hund innerhalb der weiten Grenzen von 0,5—2½ Kilogr. täglicher Fleischnahrung erreichen. So fand z. B. Voit bei einer durch 1,5 Kilogr. täglicher Fleischnahrung vermittelten täglichen Stickstoffzufuhr von 51 Gr. 51,6 Stickstoff in den Ausfuhren 0,6 im Koth und 51 Gr. in der auf 109 Gr. sich belaufenden Harnstoffmenge.

Die Endwerthe der Versuche von Bischoff und Voit sind in folgender Tabelle aufgeführt. Manche der letzteren sind allerdings insofern nicht strenge unter sich vergleichbar, als das Thier in die Versuchsreihen nicht immer unter gleichen Verhältnissen eintrat, indem wichtige Bestimmungsglieder, wie z. B. das anfängliche Körpergewicht und die vorangegangene Kost zum Theil wesentliche Unterschiede boten. Sämmtliche Werthe (Gramme) beziehen sich auf 24 Stunden.

Genossenes Fleisch.	Genossenes Wasser.	Harnmenge	Harnstoff	Aenderung des Körpergewichtes.	Zahl der Versuchstage.	
(0	185	194	12—15	— 462	16)	3 Versuchsreihen; also nur kurzee Hungerperioden.
176	0	266	26,8	— 405	2	
300	0	318	32,6	— 335	2	
600	0	457	49,0	— 206	2	
900	0	643	67,8	— 126	2	
1200	0	819	88,6	— 12	2	
1500	5	996	109,0	—	49	
1800	198	1150	106,5	+ 18	21	
2000	84	1304	130,7	+ 142	10	
2200	0	1411	154,8	+ 122	7	
2500	270	1799	172,7	+ 284	3	
2660	0	1677	181,4	+ 210	1	
2900	0	1540	175,6	+ 440	1	

An demselben Versuchsthier fanden Pettenkofer und Voit folgende Werthe bei Fleischnahrung:

Genossenes Fleisch	Harnstoff	Ausgeathmete Kohlensäure	Aufgenommener Sauerstoff	Zahl der Versuchstage
1500	108	502	461	6
1800	126	656	—	1
2500	180	783	—	1

Nach Obigem ist sicher nachgewiesen, dass bei bestimmten Beköstigungsweisen aller Stickstoff der Zufuhren in den Ausscheidungen wieder zum Vorschein kommt. Erfahrungen von Schulze und Märner an einem ausgewachsenen Schaaf, im Beharrungszustand der Ernährung, wobei das Körpergewicht gleicht bleibt, bestätigen gleichfalls, dass die Stickstoffausgabe im Wesentlichen der Stickstoffzufuhr gleich ist. Bei einer Taube, die

124 Tage ausschliesslich mit Erbsen von gekanntem Stickstoffgehalt gefüttert wurde, deckte der Stickstoff des Harnes und Kothes vollständig denjenigen der Zufuhren (Voit). Bei mit Gerste gefütterten Hühnern erscheint nahezu der ganze Stickstoffantheil der Nahrung im Urin und den Fäces wieder, wenn das Körpergewicht des Thieres gleich bleibt (Meissner).

Dass Abweichungen in der Beköstigung dieses Abhängigkeitsverhältniss abändern, versteht sich von selbst. Ist die Nahrung zu reichlich, so kommt nicht aller eingeführte Stickstoff in Harn und Koth zum Vorschein; zum Theil desshalb, weil die stickstoffhaltigen Gewebe an Masse zunehmen. Seegen erhielt in einer 70 Tage langen Versuchsreihe bei Fleisch- und Fettfütterung eines Hundes eine Gewichtszunahme von 5 1/4 Kilogr. und ein, nicht im Harn und Koth erschienenes, Gesammtquantum von 643 Gramm Stickstoff. Dieses Stickstoffdeficit, auf Fleisch berechnet, müsste eine Zunahme des Versuchsthieres um 19 Kilogr. Muskulatur bedingen und, (da das Gewicht nur um 5 1/4 Kilogr. stieg) eine Abgabe von 13 1/2 Kilogr. Fett, Wasser u. dgl.

Ist dagegen die Nahrung ungenügend, so gibt der Körper, unter Abnahme seines Gewichts, mehr Stickstoff ab als er empfängt.

Auch die Aschenbestandtheile der Zufuhren einerseits und des Kothes und Harnes andererseits decken sich, wenn der Stoffwechsel im Stadium des Stickstoffgleichgewichtes sich befindet.

280. Leim als Nährstoff.

Bei einseitiger Fütterung mit Leim führt der Urin des Hundes bedeutende Harnstoffmengen. Leimgebende Gewebe wirken ebenso. Bischoff und Voit erhielten an ihrem Versuchsthier bei ausschliesslicher Darreichung von 200 Gr. Leim täglich 65 Gr. Harnstoff. Der Leim wird im Organismus in Harnstoff umgesetzt; die näheren Bedingungen aber dieser Umsetzung und deren Beziehungen zu der analogen Metamorphose der Eiweisskörper sind unbekannt; nur soviel scheint behauptet werden zu dürfen, dass der Leim den Verbrauch der stickstoffhaltenden Körperbestandtheile beschränkt. Als vollständiger Ersatz der Eiweisskörper kann aber der Leim nicht dienen; die Thiere verlieren schon in kurzen Versuchsreihen merklich an Gewicht und zwar besonders auf Kosten der Stickstofffreien Substanzen.

Wird dagegen Leim zur Fleischkost hinzugesetzt, so macht derselbe seine, die Umsetzung der übrigen stickstoffigen Körperbestandtheile beschränkende Wirkung nachdrücklicher geltend; desshalb wird sogar bei an sich ungenügender Fleischkost unter diesen Umständen nicht aller in den Körper eingeführte Stickstoff im Harn wieder ausgeschieden (Bischoff). Uebrigens nimmt auch bei dieser Combination das Körpergewicht, namentlich das Fett, entschieden ab.

Aus den Versuchen Bischoff's und Voit's heben wir die aus mehr als 2 Tagen bestehenden Reihen heraus.

Genossenes		Harnstoff
Fleisch	Leim	
2000	200	187 Gramme täglich.
500	200	91 » »
200	200	90 » »

Während eines mehrtägigen Genusses von Fleisch und Knorpelgallerte fand Bödecker Traubenzucker im Urin und zwar 0,3—0,8 Gramme täglich.

281. Reine Fettkost.

Wird ein Hund ausschliesslich mit Fett gefüttert, so ist die Harnstoffbildung schon in Folge der mangelnden Stickstoffzufuhr bedeutend herabgesetzt; indem aber das Fett ganz vorzugsweis der Oxydation anheimfällt, mindert es auch indirekt den Harnstoff. Desshalb scheiden die Thiere unter solchen Umständen weniger Harnstoff aus, als sie hergeben würden (möglichste Vergleichbarkeit der Körperzustände vorausgesetzt), wenn ihnen die Nahrung vollständig vorenthalten würde, d. h. wenn sie vom eigenen Fleisch und Fett zehren müssten. Das Fett mindert also den Verbrauch an stickstoffhaltenden Körperbestandtheilen; da letztere nur in geringer Menge der Oxydation anheimfallen, so geschieht die Wärmebildung bei ausschliesslicher Fettnahrung fast ausschliesslich auf Kosten des Fettes.

Ob unter solchen Umständen ein Ansatz von Fett im Körper, trotz dem gleichzeitigen Verlust von stickstoffhaltigen Bestandtheilen erfolgen kann, muss vorerst dahingestellt bleiben. Gegen eine solche Annahme sprechen die in 285 erörterten Erfahrungen.

Das mehrerwähnte Versuchsthier von Pettenkofer und Voit gab bei einseitiger Fütterung mit 350 Grammen Fett täglich, 14,5 Gr. Harnstoff und 519 Gr. Kohlensäure her. Es erschien also bei weitem nicht alles C des verzehrten Fettes in den Athemprodukten u. s. w. wieder. Ist dieses Deficit auf eine Fettansammlung zu beziehen?

282. Gemischte Fleisch- und Fettkost.

I) Zur Erhaltung des normalen Körpergewichtes bedarf ein nur mit Fleisch gefütterter Hund (nach 279) eine grosse Menge Nahrung, etwa $\frac{1}{25}$—$\frac{1}{20}$, je nach seinem Ernährungszustand. Macht man aber einen genügenden Fettzusatz, so reicht zu genanntem Zweck eine 3- bis 4 mal kleinere Fleischportion aus. Etwa 400 Gramme Fleisch und 200 Gramme Fette genügten bereits bei dem mehrerwähnten Versuchsthier Bischoff's. Ein bestimmtes Verhältniss von Fleisch und Fett ist überhaupt das (hygienisch und ökonomisch) beste Kostmaass des Fleischfressers; die O-Aufnahme durch die Lungen nimmt dann ab; der übermässige Verbrauch des Stickstoffhaltigen Materiales wird beschränkt und ein ansehnlicher Theil der Wärmebildung vom Fett übernommen.

II) Abnahme des Körpergewichtes. Auch bei sehr kleinen Fleischportionen bewirkt der Fettzusatz immer noch eine Ersparniss; das Körpergewicht nimmt viel weniger rasch ab und der Verlust des Körpers an angesammeltem Stickstoffhaltigem Material ist entschieden geringer, als wenn die ungenügende Fleischportion allein gereicht wird.

III) Zunahme des Körpergewichtes. Während der Hund an Gewicht verlor noch bei 1000 oder 1200 Grammen täglicher Fleischzufuhr, zeigte sich ein merkliches Schwererwerden bei Zusatz von 250 Gr. Fett zu 500 Gr.

Fleisch; ja schon bei 400 Gr. Fleisch und 200 Gr. Fett kam nicht alles C der Zufuhren in den Ausscheidungen zum Vorschein. Die Zunahme geschieht vorzugsweis zu Gunsten des Körperfettes (in den Kostmaassen *d* und *h* der nachfolgenden Tabelle in hohem Grade). Die Stickstoffigen Substanzen dagegen vermehren sich sehr viel weniger, indem mit steigender Fleischportion bei gleichbleibender Fettzufuhr der Harnstoff derartig zunimmt, dass die Stickstoffausfuhr die gesteigerte Stickstoffzufuhr vollständig oder fast vollständig deckt. Vermehrung der Fettportion bei gleichbleibender genügender Fleischzufuhr bewirkt immer eine Zunahme des Körpergewichtes.

Aus den Versuchsreihen von Bischoff, Voit und Pettenkofer wählen wir folgende aus. Auch hier gelten die Bemerkungen von § 279. Alle Werthe sind 24stündig. Die Zahlen müssen namentlich auch mit den correspondirenden Rubriken der Tabelle § 279 (reine Fleischkost) verglichen werden; obschon für sonstige Gleichheit der Bedingungen weder bei den Versuchen, noch bei der Zusammenstellung der Tabellenrubriken durchgehends gesorgt werden konnte, so treten gleichwohl die grossen Unterschiede beider Kostmaasse in ihrer Wirkung auf das Körpergewicht deutlich hervor.

Genossenes		Harnstoff	Aenderung des Körpergewichtes.	Ausgeathmete Kohlensäure.
Fleisch	Fett			
a) 150	250	15,6	— 16	.
b) 400	200	31,3	.	591
c) 500	250	31,7	+ 148	.
d) 800	350	45,1	.	598
e) 1000	250	60,7	+ 218	.
f) 1500	250	98,3	+ 294	.
g) 1800	250	120,7	+ 245	.
h) 1800	350	93,0	.	840
i) 2000	250	135,7	.	.

283. Fütterung mit Kohlehydraten.

Die Kohlehydrate (Zucker und Amylon, welches im Organismus in Zucker übergeführt wird) haben in ihren Wirkungen auf den Gesammtstoffwechsel manches mit dem Fette gemeinsam und zwar selbst dann, wenn sie Fleischfressern gereicht werden. Ausschliessliche Fütterung von Hunden mit Kohlehydraten hat folgende Wirkungen: 1) Der Harnstoff sinkt bedeutend, vielleicht noch mehr als bei ausschliesslicher Fettnahrung. 2) Die genossenen Kohlehydrate verfallen der Oxydation; der Zucker ist der zehrenden Wirkung des Sauerstoffes noch zugänglicher als die Fette. Desshalb wird 3) der Verbrauch des angesammelten Fettes durch die Kohlehydrate bedeutend beschränkt. 4) Die Fleischfresser verlieren bei dieser einseitigen Fütterung an Gewicht; ein Theil dieses Verlustes geschieht wohl auf Rechnung der Körperfette. 5) Werden dem Hunde Amylacea in sehr grosser Menge ausschliesslich gereicht, so kommt (s. die letzte Rubrik der folgenden Tabelle) nicht alles C der Nahrung in den Ausscheidungen zum Vorschein. Daraus darf aber keineswegs auf einen Fettansatz geschlossen werden (s. 285).

Pettenkofer und Voit erhielten folgende Tagwerthe in Grammen an ihrem Versuchsthier.

Genossene			
Kohlehydrate.	Fette.	Harnstoff.	Ausgeathmete Kohlensäure.
221	28	12,8	—
450	21	12,2	—
450	—	16,6	545
700	—	13,2	621

284. Genuss von Fleisch und Kohlehydraten.

Der Zusatz von Kohlehydraten zur Fleischnahrung hat folgende Wirkungen auf den Stoffwechsel des Hundes: 1) der Umsatz des Stickstoffhaltigen Materiales wird beschränkt; die Harnstoffbildung ist sogar noch stärker herabgesetzt als in Folge von Fettzusatz zu gleichgrossen Fleischportionen. 2) Das Körpergewicht sinkt bei ungenügenden Fleischportionen und steigt bei grossen Fleischzufuhren in Folge des Zusatzes von Kohlehydraten stärker als ohne dieselben. 3) Der Verbrauch des vorhandenen Körperfettes wird vermindert und es findet (gehörige Eiweissmengen der Nahrung vorausgesetzt) ein, in 285 näher erörterter Fettansatz statt.

Die Wirkung steigender Zuckerzusätze zur Fleischkost erläutern folgende Versuchsreihen von Bischoff und Voit (24stündige Grammwerthe):

Genossen			
Fleisch	Traubenzucker	Harnstoff	Körpergewichtsänderung.
500	100	37,9	— 230
500	200	35,5	— 23
500	300	32,7	+ 92

Aus Erfahrungen von Pettenkofer und Voit an demselben Versuchsthier ergibt sich, dass bei gehörigem Zusatz von Amylon zum Fleisch lange nicht alles C der Zufuhren in den Ausscheidungen zum Vorschein kommt, während das N der Zufuhren im Urin nahezu wieder auftritt.

Genossen			
Fleisch	Stärkmehl	Harnstoff	Ausgeathmete Kohlensäure
400	250	29	541
800	450	43	664
1800	450	106	840

285. Der Ursprung des Körperfettes.

Von dem im Körper vorhandenen Fett glaubte man früher, es stamme direkt von dem Fett der Nahrung ab, werde also im Fettgewebe u. s. w. einfach abgelagert. Liebig wies zuerst auf eine Fettneubildung im Organismus hin. Man nahm dem gemäss für das in den Geweben vorhandene Fett zwei Quellen an, eine äussere und eine innere, unterschied also die blosse Fettablagerung von der Fettneubildung.

Im Fleischfresser wäre die Fettmenge der Nahrung gross genug, um das im Körper abgelagerte und in der Milch abgegebene Fett zu erklären. Beim Pflanzenfresser, z. B. der Kuh, welche entweder täglich über 500 Gramme Fett in der Milch ausscheidet, oder bei abnehmender Milchabsonderung Fett in den Geweben ablagert, ist der Fettbildungsprocess ein viel regerer und zwar — da

die Nahrung desselben arm ist an Fetten — auf Kosten anderer Körperbestandtheile, nämlich der Eiweisskörper.

Die Ansicht, dass die Fettbildung unter allen Umständen auf eine und dieselbe Weise erfolge, hat übrigens a priori Manches für sich. Im Hinblick auf die Pflanzenfresser wäre dann eine einfache Ablagerung des mit der Nahrung eingeführten Fettes in die Fettzellen zu verwerfen und auch im Fleischfresser ausschliesslich eine Neubildung desselben, aus Eiweisskörpern, anzunehmen.

a) Die Eiweisskörper als Fettquelle. Die Eiweisskörper spalten sich bei ihrer Metamorphose in ein Stickstoffhaltendes Atomenaggregat, welches mit der Harnstoffbildung abschliesst, und in ein Stickstoffloses, das endlich in Form von Kohlensäure und Wasser den Körper verlässt. Wird ein Hund mit grossen Portionen möglichst fettlosen Fleisches ernährt, so nimmt das Körpergewicht zu. Die Zunahme erfolgt aber nur in geringem Maass zu Gunsten der Stickstoffhaltigen Bestandtheile, da die Stickstoffabfuhr die Stickstoffzufuhr nahezu oder, bei einer bestimmten Fleischportion, sogar vollständig deckt. Dagegen findet sich, nach Voit und Pettenkofer bei weitem nicht aller Kohlenstoff des genossenen Fleisches in den Ausscheidungen wieder; der aus den Eiweisskörpern sich abspaltende Stickstofffreie Atomencomplex wird also, weil im Uebermaass vorhanden, nicht vollständig oxydirt, er bleibt zurück im Organismus und dient zur Fettbildung. Auch das reichlich abgesonderte Fett der Milch (s. 558) bei möglichst fettfreier aber Eiweissreicher Nahrung entsteht aus den Eiweisskörpern der Zufuhren.

b) Einfluss des Fettes der Nahrung auf das Körperfett. Dem Erörterten zufolge ist es wohl möglich, dass bei genügender gleichzeitiger Zufuhr von Fleisch und Fett die Fettzunahme des Körpers nicht durch das als solches eingeführte Fett geschieht, sondern durch das aus den Eiweisskörpern sich abspaltende Fett, d. h. der Organismus würde günstigere Bedingungen bieten für die Bildung als für die blosse Ablagerung von Fetten.

Um die Frage zu beantworten, ob Fett im Körper einfach abgelagert werden könne, fütterte Subbotin einen möglichst abgemagerten Hund mit fettlosem Fleisch und Spermacetfett. Letzteres wurde im Darm resorbirt, fand sich aber im Körper des allmälig wieder gemästeten Thieres nach 4 Wochen nur in sehr kleiner Menge. Daraus folgt jedenfalls, dass das dem Hund fremde Spermacet im Körper zersetzt wird; keineswegs aber ist die Möglichkeit ausgeschlossen, dass die dem Hunde eigenthümlichen Fette (Palmitin, Stearin, Olein), wenn sie in der Nahrung zugeführt werden, im Fettgewebe wirklich abgelagert werden könnten.

Beweisender für die Unabhängigkeit der Fettbildung im Organismus von der Qualität des importirten Fettes ist die folgende Erfahrung.

Kühne und Radziejewski hatten schon gezeigt, dass Fettseifen zur Mästung verwendet werden können; sie fütterten einen abgemagerten Hund

mit fettlosem Fleisch und Natronseifen und erzielten eine bedeutende Zunahme des Fettgehaltes des Thieres. In diesem Fall verbindet sich nicht etwa im Organismus die importirte Fettsäure mit den Elementen des Glycerin; Subbotin fütterte einen mageren Hund 6 Wochen lang mit fettlosem Fleisch und einer Seife, die bloss aus palmitin- und stearinsaurem Natron bestand; gleichwohl enthielt das Fettgewebe des Thieres neben Palmitin und Stearin auch das dritte neutrale Fett, welches im Hunde normaliter vorkommt, nämlich Olein. Die Fettbildung geschieht also auch in diesem Fall nach dem gewöhnlichen Typus.

c) Rolle der Kohlehydrate bei der Fettbildung. Erhält ein Fleischfresser neben genügenden Portionen Fleisch auch Kohlehydrate, so gewinnt er mässig an Gewicht und an Körperfett. Der Fleischfresser verzehrt übrigens Kohlehydrate niemals freiwillig in grosser Menge, die auch seine Verdauungsorgane nicht vollständig bewältigen können. Sehr geeignet zur Mästung ist dagegen der Pflanzenfresser; derselbe vermag Kohlehydrate in grosser Menge zu resorbiren und es ist in der Landwirthschaft anerkannt, dass das Mastvieh am meisten an Körpergewicht und Fett zulegt, wenn es Stickstoffreiche Nahrung neben bestimmten Mengen Kohlehydrate empfängt. Der Fettgehalt seiner Zufuhren ist so gering, dass eine Fettbildung im Organismus nicht in Abrede gestellt werden kann (Liebig); es fragt sich aber, wie ist sie zu erklären?

Man nahm früher an (Liebig u. A.), die resorbirten Kohlehydrate, d. h. der Zucker werden vom Pflanzenfresser nur theilweis oxydirt, der nichtoxydirte Rest dagegen zur Fettbildung verwandt. Dagegen spricht die Erfahrung, dass bei der Ernährung mit wenig Eiweisskörpern und zugleich reichlichen Mengen Kohlehydraten, die Thiere niemals Fett ansetzen. Die Kohlehydrate liefern demnach kein Material zur Fettbildung, wohl aber schützen sie, als sehr oxydationsfähige Körper, das von Aussen eingeführte und das aus den Eiweisskörpern neu entstandene Fett gegen Oxydation. Daraus folgt: 1) es sind zur starken Mastung grosse Mengen Eiweisskörper nöthig, welche 2) ihrerseits wieder eine bestimmte Menge Kohlehydrate verlangen. Ein Zuviel von Kohlehydraten würde nutzlos, ja selbst schädlich sein. In der That verlangt das blosse »Erhaltungsfutter« des Rindviehs viel geringere Antheile Stickstoffhaltiger Substanzen als das Mästungsfutter.

Ist diese Ansicht richtig, so darf 1) bei der Fütterung mit Eiweisskörpern und Kohlehydraten zugleich, die Menge Kohlenstoff der Zufuhren, die nicht wieder in den Ausscheidungen zum Vorschein kommt, die also zur Fettbildung verwandt werden soll, den Kohlenstoffantheil der genossenen Eiweisskörper, minus dem Kohlenstoff des gebildeten Harnstoffs, nicht übertreffen, namentlich darf aber 2) auch bei reichlichster Fütterung der Pflanzenfresser ausschliesslich mit Kohlehydraten oder mit Zusatz ungenügender Eiweissmengen niemals eine Zunahme des Körperfettes erfolgen. Dieses ist in der That der Fall. Auch die Bienen, ausschliesslich mit Zucker gefüttert, hören auf, Wachs, also einen den Fetten verwandten Körper, zu bilden. Zur Wachserzeugung brauchen sie neben Zucker noch Albuminate.

286. Nächste Bedingungen des Stoffumsatzes.

So verschieden auch der Stoffwechsel sich gestalten kann in Folge äusserer oder im Individuum selbst liegender Ursachen, im Wesentlichen sind es, und zwar sogar unter den abweichendsten Bedingungen der Ernährung, immer dieselben Vorgänge. Bei der Fettansammlung z. B. handelt es sich (s. 285), wie namentlich Voit betont, keineswegs um einen vorher nicht vorhandenen Process, der erst bei reichlicher Fütterung auftritt. Fettneubildung aus Eiweisskörpern tritt demnach auch ohne Zunahme, ja bei Abnahme des Körpergewichtes ein, nur überwiegt im letzteren Fall die Zerstörung des Fettes über die Neubildung.

Das hungernde Thier, wie das wohlgenährte, scheidet Harnstoff, Kohlensäure und Wasser aus. Das Thier mag ausschliesslich von Pflanzen- oder von Fleischnahrung leben, der Organismus mag gesund oder schwer erkrankt, er mag gemästet, gehörig ernährt, unzureichend beköstigt, oder selbst im vollkommenen Hungerzustand begriffen sein, immer lebt er zunächst auf Kosten seiner eigenen Bestandtheile. Der Stoffwechsel wird somit zunächst ausschliesslich bestimmt durch den jedesmaligen Zustand der Gewebe, Organe und Säfte des Körpers. An diesen unterscheiden wir aber drei Haupteigenschaften, mit deren Aenderung auch die Erscheinungen des Stoffumsatzes nothwendig anders sich gestalten.

I. Die Massenentwickelung. Nehmen die Organe an Gewicht zu, so liefern sie auch mehr Umsatzprodukte; wenn die Blutmenge sich vermehrt, nimmt die zu ihrem Umtrieb erforderliche Arbeit des Herzens gleichfalls zu; die »inneren« Bewegungen überhaupt sind im Gutgenährten gesteigert und auch die (äusseren) Arbeitsleistungen übertreffen bei Weitem diejenigen des Schlechtgenährten.

Wenn einerseits die Mastung über einen gewissen Punkt nicht hinausgeführt werden kann, so zeigt andererseits auch der Gewichtsverlust des (verhungernden oder kranken) Körpers eine Grenze, jenseits welcher die Functionen nicht mehr bestehen können. In beiden Fällen handelt es sich übrigens nicht bloss um quantitative Mehrung und Minderung, sondern wesentlich auch um Disproportionalitäten der Einzelfunctionen, die eben den Fortgang der wichtigsten Verrichtungen in der bisherigen Weise unmöglich machen. Bei der Fleischmästung z. B. nimmt wahrscheinlich die Menge der Umsatzprodukte der Muskeln immer mehr zu, nicht aber in gleichem Grade die Menge des zum Umsatz disponibelen Sauerstoffes im Blute, wodurch dem Stoffwechsel eine bestimmte obere Grenze gesetzt wird.

II. Die chemische Constitution der dem Umsatz anheimfallenden Organe und Körperbestandtheile. Ein fleischreiches Thier z. B. setzt mehr Muskelsubstanz, ein fettreiches mehr Fette um.

III. Die beiden genannten Momente erklären aber die Erscheinungen nur zum kleinsten Theil; sie erklären z. B. nicht, warum im Körper des Fleischfressers der Umsatz der Eiweisssubstanzen sehr viel stärker ist, als im Pflanzenfresser; warum Thiere von möglichst gleicher Beschaffenheit bei derselben Kost

unter Umständen in sehr verschiedenem Grad an Körperfülle zunehmen; warum die Körpergewichtseinheit des Säuglings einen viel stärkeren Umsatz zeigt, als dieselbe Masse des Erwachsenen u. s. w. Die unbekannten vitalen Energien der Gewebe und Organe geben somit bei der Bestimmung des Stoffumsatzes nach Quale und Quantum den Hauptausschlag.

XVI. Einleitung in die Physiologie der Sinne.

287. Grundbedingungen der Empfindungen.

Die Sinne unterrichten uns über die Aussenwelt (objective oder äussere Sinne) und über gewisse Zustände unserer eigenen Leiblichkeit (Gemeingefühle oder innere Sinne). Zur Aufnahme der Eindrücke von Aussen dienen die Sinnorgane. An diesen unterscheidet man den Sinnesnerven und mehr oder minder zusammengesetzte Hülfswerkzeuge, welche das äussere Agens zu den Endausbreitungen des Sinnesnerven leiten.

Zur objectiven Empfindung gehören folgende 3 Erfordernisse: I. Ein äusseres Agens: der Sinnesreiz, die objective Ursache der Empfindung. Der Undulationstheorie zufolge besteht das, was wir Licht, Temperatur, Schall nennen, in eigenthümlichen Bewegungen, in nach bestimmten Gesetzen sich wiederholenden Stössen. Diese Bewegungen werden uns zugeleitet durch die Hülfswerkzeuge des Sinnes. Die Leitung selbst geschieht nach physikalischen Gesetzen, doch beginnt hier die engere Aufgabe der Sinnesphysiologie, weil die Erscheinungen modificirt werden durch besondere Anordnungsweisen der leitenden Medien der Sinnesorgane. II. Erregung des Sinnesnerven. Derselbe ist dem Reize ganz vorzugsweis zugänglich an der Peripherie, von wo die Nervenerregung sich fortpflanzt zum Gehirn. Dort bewirkt III. der erregte Sinnesnerv eine Affection der Psyche: eine Empfindung. Wird letztere weiter verarbeitet und namentlich in Beziehung gebracht zu ihrer äusseren Ursache, so erhebt sie sich zur sinnlichen Wahrnehmung. Fehlt das Selbstbewusstsein und mit diesem die Unterscheidung zwischen dem empfindenden Ich und der empfindungserregenden Aussenwelt, so erhebt sich der psychische Process nicht über die Stufe eines beziehungslosen Empfindens.

288. Special- und Generalsinne.

Aristoteles unterschied die Sinne in specielle und generelle. I. Der Specialsinn, gebunden an ein bestimmtes Organ, vermittelt Empfindungen von eigener Art und nicht vergleichbar mit denen eines anderen Specialsinnes (Druck, Temperatur, Farbe, Schall, Geruch, Geschmack).

Die Specialsinne sind beschränkt, d. h. bloss gewisse Einflüsse veranlassen in uns specifische, eigenartige Empfindungen; für viele, zum Theil sogar mächtig auf unseren Körper einwirkende Agentien, z. B. Feuchtigkeit und Druck der Luft, besitzen wir keine speciellen Sinnorgane. Mehr Sinne, als die vorhandenen, würden weder unsere intellektuelle Kenntniss der Körperwelt wesentlich fördern, noch sonst uns praktisch nützlich sein.

Die Warmblüter haben so viel Sinne als der Mensch; es ist unwahrscheinlich (schon nach der Analogie des Organisationsplanes), dass bei ihnen neue Empfindungen vorkommen. Die Sinnesempfindungen der niederen Thiere können, entsprechend ihrem psychischen Zustand, über beziehungslose Empfindungen, verworrene Gemeingefühle nicht hinausgehen. Die Sinnes- und Seelenentwicklung läuft somit in der Thierwelt wohl eine Strecke lang einigermaassen parallel; in den höheren Klassen aber kann von einer solchen Uebereinstimmung nicht mehr die Rede sein.

II. Generalsinne. Die Raum- und Zeitwahrnehmungen bedürfen keine besonderen Sinnorgane oder eigenthümliche Nervenfasern, wohl aber gewisse Einrichtungen der Sinnesapparate, damit die Empfindungen, resp. Empfindungserregenden Ursachen, in die objectiv richtigen räumlichen und zeitlichen Beziehungen gebracht werden können. Beziehungen der Art sind aber (s. 291) in den Empfindungen, als solchen, keineswegs schon enthalten und ebensowenig stehen die Raum- und Zeitanschauungen schon von vornherein fertig da, sodass die Einzelempfindungen gleichsam in dieselben einzutragen wären. Die, nur durch gewisse Eigenschaften und Einrichtungen der Sinnesapparate ermöglichten Wahrnehmungen der objectiven Zeit und des objectiven Raumes stellen somit Leistungen dar, welche auf eine Gruppe psycho-physiologischer Thätigkeiten zurückzuführen sind, die man zweckmässig als Raumsinn und Zeitsinn kurzweg bezeichnet hat.

289. Physiologische Eintheilung der Sinnesreize.

I. Homologe (adäquate). Für diese ist das Sinnorgan speciell gebaut (Licht und Retina; Schall und Hörnerv). Der Sinnesnerv ist an seiner Peripherie für die homologen Reize am Empfänglichsten, indem daselbst besondere Einrichtungen, wie die Stäbchen- und Zapfenschicht der Netzhaut, die Corti'schen Organe der Schnecke u. s. w., die Uebertragung der äusseren Reize auf die Nervenendigungen vermitteln. II. Heterologe Reize eines Sinnesnerven sind alle übrigen, welche Empfindungen veranlassen können, z. B. Elektricität, Schlag auf die Retina. Die so entstehenden Empfindungen sind aber ähnlich denen, welche durch die homologen Reize veranlasst werden.

Eine Anzahl Agentien, die gewisse Nerven zu Empfindungen bestimmen, setzen keine Empfindungen in anderen Nerven; das Licht z. B. ist wirkungslos auf die Tastnerven.

Viel weniger reizbar ist der Sinnesnerv in seinem Verlauf. Treffen Reize den Nervenverlauf, so verlegen wir die entsprechenden Empfindungen an die Orte, wohin wir die normalen peripheren Nervenreizungen zu versetzen gewohnt sind. Bei der Amputation schmerzen, wenn die Nervenstämme durchschnitten werden, die von diesen versorgten Hautstellen; eine Reizung des Sehnerven wird als Farbenerscheinung verlegt in das äus-

sere Sehfeld u. s. w. Viele Amputirten haben sogar Jahre lang nach der Operation Empfindungen, zum Theil in Folge von Reizungen der Nervenstümpfe, die sie deutlich in das fehlende Glied versetzen.

290. Objective und subjective Empfindungen.

Die objectiven Empfindungen werden verursacht durch äussere (homologe oder heterologe) Reize; die subjectiven dagegen durch innere, den nervösen Sinnesapparat treffende Reize, z. B. Blutandrang, welche entweder den Empfindungsnerven (in dessen Peripherie oder Verlauf) oder gewisse Parthieen des Gehirns (die Centralorgane des Sinnes) in Erregung versetzen. Die subjectiven Empfindungen sind übrigens, qualitativ genommen, den objectiven vollkommen ähnlich; der Hörnerv z. B. kann keine anderen subjectiven Empfindungen vermitteln als Töne und Schalle.

Die Empfindung ist zunächst nichts Anderes als die Wahrnehmung des veränderten Zustandes des nervösen Sinnesapparates; indem wir aber die Empfindungen in die richtigen Beziehungen zu ihren äussern Ursachen bringen, verlegen wir dieselben ausserhalb unsers Körpers und betrachten die verschiedenen Empfindungscategorien geradezu als objective Eigenschaften des Aeusseren. Guter Geruch ist uns eine Eigenschaft des Veilchens, roth eine solche des Blutes. Es gibt aber verschiedene Objectivitätsgrade der Empfindungen: 1) solche höchster Objectivität (Gesichts- und Gehörempfindungen). 2) Empfindungen mittlerer Objectivität: Druckempfindungen. Wir beziehen dieselben sowohl unmittelbar auf Theile unseres Körpers, als auch auf die äusseren Dinge selbst, doch so, dass letztere vorschlagen. 3) Empfindungen geringer Objectivität: Temperatur, Geruch, Geschmack. Bei diesen haben wir verhältnissmässig am meisten die Empfindung veränderter Zustände des eigenen Körpers. Beim Riechen verlegen wir sogar die Empfindung, rein sinnlich genommen, in die Nase und nur durch die begleitenden Vorstellungen in die Aussenwelt.

291. Mittel zur Objectivirung der Empfindungen.

Die Empfindungen der ersten Lebenszeit sind blosse Seeleneindrücke: sog. reine Empfindungen, die in keinen Bezug gebracht werden zu den veranlassenden Ursachen. Allmälig lernt das Kind die Empfindungen geistig zu verarbeiten; es kommt dadurch immer deutlicher zur Unterscheidung seines Ich von der Aussenwelt d. h. zur Entwickelung seines Selbstbewusstseins. Ist diese Erkenntniss einmal erlangt, so kommen vollkommen »reine« Empfindungen nicht mehr vor. Alle Empfindungen sind nunmehr mit Auslegungen verbunden; die einen werden bezogen auf das Aeussere, die andern auf die eigene Leiblichkeit, d. h. man hat auf verschiedenen Wegen und mittelst der mannigfaltigsten Controllmethoden die Erfahrung gemacht, dass einer und derselben Empfindung das eine Mal ein Aeusseres entspricht, das andere Mal aber

nicht, und dass ferner bestimmte Empfindungen immer von Aussen veranlasst werden.

Die sensualistischen Philosophen, namentlich Condillac, haben es an Bemühungen nicht fehlen lassen, die Beihülfe der Sinne zur Entwickelung des Selbstbewusstseins näher zu analysiren. Der beachtenswertheste Versuch auf physiologischem Gebiet rührt von Joh. Müller her. Man stelle sich einen Organismus vor, begabt mit folgenden »elementaren« psychischen Eigenschaften, resp. Anlagen: 1) Mit Empfindungsfähigkeit, also dem Vermögen, den empfindenden Zustand vom empfindungslosen zu unterscheiden. 2) Mit der Fähigkeit, an gehabte Empfindungen »einfache« Vorstellungen anknüpfen zu können. Das Minimum, das wir fordern wollen, ist, dass, wenn eine Empfindung oft da war, der Organismus im Stande sei zu erkennen, wenn sie sich von Neuem einstellt. 3) Das Bestehen einer Art vom Gegensatz zwischen empfindendem Subject und der Empfindung. Unserem Bewusstsein gegenüber sind die Theile unseres Leibes in der That etwas Aeusseres; man hat also zweierlei Aeusseres zu unterscheiden, das Aeussere, welches unserem Körper angehört und die wirkliche Aussenwelt.

Ein derartiger, etwa mit Getast ausgestellter Organismus wird Empfindungen haben: 1) wenn ein äusserer Gegenstand die Haut berührt und 2) aus inneren Ursachen. Eine Unterscheidung der Empfindungen in objective und subjective ist jedoch unmöglich, da die dazu nöthigen Controllmittel fehlen.

Kommt nun zum Getast noch eine Muskulatur hinzu, so werden die Bewegungen der Muskeln anfangs vollkommen unabhängig sein vom »Willen«, der noch nicht da ist. Diese Bewegungen sind aber wiederum verknüpft mit Empfindungen und zwar, je nach den verschiedenen Stellungen der Theile, mit verschiedenen Muskelgefühlen. (Das häufige Dasein verschiedener Muskelgefühle erweckt die Vorstellung, diese Gefühle selbst hervorzubringen. Je öfters sie aber hervorgebracht werden, um so mehr lernt der Organismus seine Bewegungen zu beherrschen; seine Umgebung, die ihm Widerstände bietet, also Tastempfindungen veranlasst, beherrscht er aber nicht. Widerstände bieten nun auch die Theile des eigenen Körpers, wenn z. B. eine Extremität gegen die andere drückt. Damit sind aber 2 Empfindungen verbunden, d. h. der gedrückte Körpertheil ist sowohl äusseres Objekt der Empfindung, als auch selbstempfindend. Wird dagegen gegen ein wirklich äusseres Object gedrückt, so entsteht bloss eine Empfindung. Dadurch wird aber die Vorstellung von zweierlei Widerständen erweckt: 1) von solchen, die der eigene Körper entgegensetzt und 2) von solchen die dem absolut Aeusseren angehören. Damit sind also die Anfänge gegeben zur Trennung der Empfindungen in objective und in solche, die auf die eigene Leiblichkeit zu beziehen sind.

Auch den geschulten Sinnen des Erwachsenen fällt manchmal die Entscheidung schwer, ob eine Empfindung durch etwas Aeusseres angeregt worden ist oder nicht, sodass förmliche Versuche nöthig werden, um unser Urtheil festzustellen. Einen Schall z. B. hören wir deutlicher bei einer bestimmten Stellung des Ohrs und bei Annäherung an die Schallquelle; er verschwindet beim Verstopfen des Ohres. Diese Mittel benutzen wir zur Unterscheidung der objectiven und subjectiven Schalle. Nähern wir uns z. B. einem Riechkörper oder vollführen wir willkürliche starke Einathmungen, so gewinnt die Riechempfindung an Deutlichkeit; halten wir den Athem an, so verschwindet sie u. s. w. Hätten wir diese und anderweitige Mittel nicht, so würden wir die Ursachen der Gerüche in uns selbst suchen. Aehnliche Controllen stehen uns bei den übrigen Sinnen zu Gebot.

292. Quale und Quantum der Empfindungen.

I. Empfindungsqualität. Jeder Sinn verschafft uns die qualitativ mannigfaltigsten Empfindungen (verschiedene Farben, Gerüche u. s. w.), nur der Temperatursinn vermittelt bloss zweierlei Arten der Empfindung:

Wärme oder Kälte. Die einzelnen Empfindungsqualitäten desselben Sinnes sind, subjectiv genommen, in der Regel wenig, oder selbst gar nicht, mit einander vergleichbar, z. B. das Bittere mit dem Süssen, ganz anders aber verhält es sich (wenigstens bei den höheren Sinnen) mit den objectiven Ursachen derselben: die verschieden Farben unterscheiden sich bloss durch die Schwingungszahlen des Lichtäthers, die Tonhöhen durch die Schwingungszahlen der Tonquellen u. s. w.

II. Empfindungsquantität. a) Empfindungen der Generalsinne. Diese, insofern sie sich beziehen auf Räumliches und Zeitliches, also auf extensive Grössen, sind überhaupt nur quantitativer Natur, sie haben desshalb wahre Multipla. Die Wachsthümer dieser Empfindungen sind innerhalb gewisser Grenzen proportional den wachsenden Grössen der empfindungserregenden Ursachen; eine Linie von 2 Zollen macht den doppelten räumlichen Eindruck einer Linie von 1 Zoll; ein Zeitintervall von $^1/_4$ Note den doppelten zeitlichen Eindruck von $^1/_8$ Note.

b) Die Empfindungen der Specialsinne beziehen sich auf Dinge, deren Grösse als intensive aufzufassen ist. Auch diese Empfindungen sind quantitativer Natur, das eine Licht z. B. erscheint uns heller als das andere, aber die Empfindungsgrösse schreitet hier in anderer Progression fort, als die Grösse des Reizes. 1) Sehr schwache Reize nehmen wir nicht wahr, d. h. der Nullpunkt der Empfindung liegt über dem Nullpunkt des Reizes. 2) Bei einem gewissen Intensitätswerth beginnt die Empfindung in ihrem schwächsten Grad. Unter »Schwellenwerth« eines Reizes versteht man mit Fechner dasjenige (absolute oder empirische) Grössenmaass, bei welchem derselbe überhaupt anfängt merklich zu werden. 3) Weitere Vermehrung der Reizstärke steigert auch die Empfindung, jedoch zeigen die Empfindungen keine uns deutlich bewussten Multipla (Fechner), unser Empfindungszustand sagt uns bloss, dass diese Zuckerlösung süsser oder viel süsser ist als jene, dieses Licht heller als das andere, nicht aber kommt uns z. B. eine Zuckerlösung von doppeltem Gehalt noch einmal so süss vor, als eine von einfachem Gehalt. Immer tritt bei fortgesetzter Einwirkung des (nicht zu schwachen) Reizes eine gewisse Abstumpfung ein, d. h. die Empfindung wird schwächer oder selbst qualitativ verändert. Ist aber der Reiz stark, so kommt der Wendepunkt der Abstumpfung sehr viel früher. 4) Zu starke Reize endlich werden, wenigstens in manchen Sinnen, schmerzhaft (s. 448).

293. Unterscheidungsempfindlichkeit.

Nach vorigem § ändern sich die Empfindungen mit Aenderungen in der Qualität und Quantität der Reize. Kleine Veränderungen des Reizes empfinden wir jedoch nicht; wird z. B. in ein von vielen Kerzen erleuchtetes Zimmer ein weiteres Kerzenlicht gebracht, so nehmen wir die Zunahme der Lichtmenge nicht wahr, wogegen wir einen gesteigerten Eindruck bekommen, wenn die

Kerze in einen vorher nur mässig beleuchteten Raum gebracht wird. Ein und derselbe absolute Reizzuwachs hat also je nach Umständen grosse oder gar keine Wirkungen auf unseren Empfindungszustand, d. h. mit wachsender Grösse des Reizes und der Empfindung sind immer grössere Reizzuwüchse erforderlich, um überhaupt noch eine merkliche Aenderung im Empfindungszustand auszulösen. Das Abhängigkeitsverhältniss der Empfindung vom Reiz ist zuerst von E. H. Weber und Fechner ausgesprochen worden; diesem gemäss wird z. B. ein Zuwachs von 1 zu einem Reiz, dessen objectiver Werth durch 100 ausgedrückt ist, ebenso stark empfunden, als Zuwüchse von 2 oder von 3 zu Reizen von der Stärke 200 und 300. Der Empfindungsunterschied bleibt sich also gleich wenn der relative Reizunterschied sich gleich bleibt.

Das Gesetz gilt übrigens, selbst innerhalb der Intensitätsgrenzen, in denen die Reize auf unsere Sinne gewöhnlich wirken, nur mit einer gewissen Approximation; jenseits einer bestimmten maximalen und minimalen Reizgrösse gilt es entschieden nicht mehr. Das Nähere s. bei den Einzelsinnen.

Für das Weber'sche Gesetz gilt dasselbe, was für die Zuwüchse von Zahl und Logarithmus gilt, d. h. die Empfindung wächst nicht wie die absolute Grösse des Reizes, sondern nach Fechner annähernd wie der Logarithmus des Reizes.

Die Logarithmen wachsen um gleich viel, nicht wenn die zugehörigen Zahlen um gleich viel wachsen, sondern wenn dieselben um einen gleichen Verhältnisstheil wachsen, z. B.

Zahl	Log.	Zahl	Log.	Zahl	Log.
10	1,000	100	2,000	1000	3,000
11	1,041	110	2,041	1100	3,041

Die Vermehrung der Zahl 10 um 1 bedingt also eine ebenso grosse Vermehrung ihres Logarithmus, als die Vermehrung der Zahl 100 auf 110.

Unter Feinheit der Empfindung versteht man: 1) das Vermögen, Sinnesreize, die qualitativ einander sehr nahe stehen, noch unterscheiden zu können, z. B. zwei naheliegende Schwingungszahlen als zwei verschiedene Tonhöhen, zwei wenig verschiedene Farben u. s. w. 2) Die Fähigkeit, Reize, die in ihrer Grösse wenig von einander abweichen, noch unterscheiden zu können, z. B. zwei nahezu gleich lange Linien, zwei Schallstärken. Je kleiner der relative Unterschied ist, der überhaupt noch bemerkt wird, desto grösser ist die Feinheit der Empfindung. Das Nähere s. bei den Einzelsinnen.

294. Psychisches Maass der Empfindungen.

Die objectiven Empfindungen sind dem Empfindenden Merkzeichen für äussere Ereignisse und die Sinne messen in der That das, was sie sollen, d. h. eben diese äusseren Ereignisse: die Sinnesreize und deren Unterschiede. Die Genauigkeit, mit welcher diese Messung geschieht, die sog. Empfindlichkeit der Sinne, drückt somit deren objective Leistungsfähigkeit aus.

Etwas ganz anderes ist der quantitative Inhalt, die psychische Maassgrösse der Empfindung an sich, über welche unsere Empfindungen (wenigstens bei

Specialsinnen) keinen unmittelbaren Aufschluss geben. Es handelt sich hier um Zweierlei: 1) Die Vergleichung der Empfindungsstärken. Wir empfinden bloss, dieses Geräusch, dieses Licht ist stärker als jenes, dagegen fehlt uns das Bewusstsein deutlicher Multipla der Empfindungen. Nach 293 wächst die Empfindungsstärke mit dem Logarithmus der Stärke des Sinnesreizes. 2) Die absolute Stärke der Empfindung. Man hat, da Reiz und Empfindung ganz verschiedenartiger Natur sind, nach Fechner die Aufgabe, die Empfindungsstärken durch Einheiten ihrer Art zu messen. Eine Andeutung dessen, worauf es zunächst ankommt, kann folgende Auseinandersetzung nach Mach geben. Ein (sehr kleiner) Reiz R veranlasse die eben merkliche Empfindung E; der Zuwachs r zu R reiche gerade hin, um der nunmehrigen Empfindung einen derartigen Zuwachs e zu geben, dass E + e von dem früheren E eben noch unterschieden werden kann. Folglich wird E + 2 e (annähernd) in demselben Verhältniss zu E + e stehen, wie letzteres zu E u. s. w. Den Zuwüchsen r der Reize verhalten sich also die Zuwüchse e der Empfindungen merklich proportional, vorausgesetzt, dass die Zuwüchse immer sehr klein sind.

Bekanntlich gilt allgemein, dass Aenderungen zweier von einander abhängigen continuirlichen Grössen von einem bestimmten Ausgangswerth verfolgt, einander merklich proportional gehen, so lange sie sehr klein bleiben, welches auch das specielle Abhängigkeitsverhältniss beider Grössen sein mag und wie sehr dieselben bei starken Wachsthümern von der Proportionalität abweichen mögen.

Durch Summirung sämmtlicher Reizzuwüchse erhält man die Reizgrösse $\mathfrak{R}$, welcher gegenüber der Schwellenwerth (292) R des Reizes als sehr klein verschwindet. Setzt man ferner als Empfindungseinheit den Empfindungszuwachs e, so ergibt die Summirung aller Empfindungszuwüchse eine, der Reizgrösse $\mathfrak{R}$ correspondirende Empfindungsgrösse $\mathfrak{E}$, welcher gegenüber wiederum das ursprüngliche E verschwindet. Demnach entspricht der Reizgrösse n r die Empfindungsgrösse n e. Man kann auf diese Weise Tabellen anlegen, welche die zu bestimmten Reizgrössen gehörenden Empfindungsstärken in benannten Zahlen angeben.

Fechner stellte eine mathematische Function auf, von deren Entwicklung hier jedoch Umgang genommen werden muss, welche die Beziehungen zwischen Reizgrösse und Empfindungsgrösse ausdrückt, ohne dass dabei eine Zählung der einzelnen Empfindungszuwüchse nöthig wird.

295. Geschwindigkeit der Sinneseindrücke.

Zwischen dem Moment der Reizung der Sinnesnerven und dem Moment, in welchem der Reiz wahrgenommen wird, liegt ein kleiner Bruchtheil (etwa 0,05—0,1) einer Secunde, dessen Grösse nicht bloss in verschiedenen Menschen, sondern auch in denselben Individuen zu verschiedenen Zeiten, etwas verschieden ist, Verhältnisse, die z. B. bei manchen astronomischen Messungen beachtungswerth sind, indem dieselben Abweichungen in den Angaben der Beobachtenden verursachen.

A. Hirsch hat diese Zeit mittelst des Wheatstone-Hipp'schen Chronoskopes, welches noch $\frac{1}{1000}$ Secunde angibt, gemessen. Das Chronoskop ist ein durch ein Gewicht getriebenes Uhrwerk, mit 2 Zifferblättern und 2 Zeigern, deren einer 0,1, der andere 0,001 Secunde angibt. Der Gang des Werkes wird genau regulirt durch eine sehr schnell z. B. 1000 mal in 1 Secunde vibrirende Feder, die bei jeder Schwingung einen Zahn des Steigrades vorbeilässt. Die Uhr muss schon vor dem Versuch im Gang sein, nur die Zeiger stehen (weil das Zeigerwerk vom Hauptwerk unabhängig ist) still und zwar durch die Anziehung eines Electromagneten, der so lange magnetisch bleibt als ein elektrischer Strom durch die ihn umgebenden Drahtwindungen kreist. Sowie der Strom unterbrochen wird, wird die Axe des einen Zeigers vorgestossen und die Zeiger bewegen sich sogleich mit der ganzen Geschwindigkeit des Hauptwerkes, um augenblicklich stille zu stehen, wenn der Strom wieder einbricht; die mittlerweile verstrichene Zeit wird an den Zifferblättern abgelesen. Hirsch verwandte den Apparat so, dass er durch das zu beobachtende Phänomen selbst, den elektrischen Strom unterbrechen liess, worauf die Versuchsperson den Strom mittelst einer kleinen Fingerbewegung herstellte, sobald dieselbe das Phänomen wahrnahm.

Eine von einer Gabel getragene Kugel fällt sogleich, wenn die 2 Gabelarme geöffnet werden; gleichzeitig mit der Oeffnung wird der Strom unterbrochen. Die Kugel schlägt mit Geräusch auf eine Platte und schliesst zugleich den Strom wieder. Man hat also die Zeit des Falles der Kugel. In einem zweiten Versuch lässt man durch eine Nebenvorrichtung den Strom nicht durch die Kugel, sondern durch die Hand der Versuchsperson schliessen. Der Zeitunterschied in beiden Versuchen gleicht der Zeit, die verfliesst zwischen dem Moment des Geräusches und dem Moment, wo durch die Fingerbewegung das Zeichen gegeben wird, dass der Ton gehört worden sei. Hirsch und Hankel brauchten dazu 0,15 Secunden, andere Versuchspersonen bis um $\frac{1}{8}$ mehr. Zum Sehen und Signalisiren eines plötzlichen elektrischen Funkens sind 0,22 Sec., zum Wahrnehmen eines die Hand treffenden Inductionsstromes 0,18 Sec. nöthig. Beim Sehversuch theilt sich der Strom 1) zum Elektromagneten und 2) in eine Inductionsspirale; beim Unterbrechen des Stromes gehen also 1) die Zeiger los und 2) ein Funke springt zwischen den sehr nahen Drahtenden der Secundärspirale über.

Trifft der Inductionsstrom eine vom Gehirn entfernte Hautstelle, so beginnt die Empfindung etwas später, als wenn eine dem Gehirn nahe Stelle gereizt wird. Kohlrausch empfand die Reizung der Hand 0,01 Sec. früher als die Reizung der Fussspitze; wird die Wegdifferenz = 0,9 Meter angenommen, so ist die Secundengeschwindigkeit der Leitung im sensibelen Nerven 90 Meter. Andere fanden viel geringere Werthe: 60 bis 30 Meter.

Zwischen der Berührung der Haut und dem Beginn der Signalgebung liegt, nach Obigem, ein Zeitintervall von etwa $\frac{1}{6}$ Secunde. Die Empfindungsleitung von der Hand zum Gehirn und die Bewegungsleitung vom Gehirn zur signalgebenden Hand erfordern jede $\frac{1}{32}$ Secunde, zusammen also $\frac{1}{16}$ Sec. Zieht man letzteren Werth von $\frac{1}{6}$ Sec. ab, so bleibt in runder Zahl $\frac{1}{10}$ Secunde für die beiden psychischen Akte: die Empfindung und den Entschluss eine Handbewegung zu machen. Die Dauer jedes dieser Akte kann also auf etwa $\frac{1}{20}$ Sec. veranschlagt werden.

Obige Beispiele beziehen sich ausschliesslich auf einfache Empfindungen. Ist man jedoch genöthigt, mit der Empfindung eine, wenn auch noch so einfache Ueberlegung zu verbinden, z. B. zugleich anzugeben, ob die Berührung

auf einer recht- oder linkseitigen Körperstelle stattgefunden, ob das gesehene Licht roth oder grün war und dergleichen, so vergrössert sich die zur Signalgebung nöthige Zeit nach Donders um etwa $^{1}/_{14}$ Secunde.

296. Nachempfindungen und Mitempfindungen.

Zur richtigen Empfindung gehört, dass ihre Dauer gleich sei der Dauer der Reizeinwirkung. Dieses ist auch im Allgemeinen der Fall, d. h. die Empfindung verschwindet nahezu mit der Entfernung des Reizes. Geschieht das nicht, so entsteht eine Nachempfindung, welche zweierlei Veranlassungen haben kann: 1) Der durch den Reiz in Erregung gekommene Sinnesnerv gelangt nicht alsbald in den früheren Gleichgewichtszustand. Die Nachempfindungen sind um so stärker und anhaltender, je stärker und länger der Reiz selbst einwirkte. Die Retinalreizung z. B. durch das direkte Sonnenlicht erzeugt das bekannte Blendungsbildchen der Sonne. 2) Der Reiz hat den Zuleitungsapparat des Sinnes dergestalt verändert, dass nach seiner Entfernung eine gewisse Zeit nöthig ist zur Herstellung des früheren Zustandes; z. B. die nicht alsbald mögliche Ausgleichung nach Entfernung eines Druckes auf die Haut. Die Nachempfindungen, welche wir bei den Einzelsinnen näher betrachten, können krankhafter Weise besonders lange andauern.

Das räumliche Analogon der Nachempfindung ist die sog. Mitempfindung: die Ausbreitung der Empfindung über die vom Reiz getroffene Stelle. Diese Ausbreitung betrifft: 1) entweder bloss die nächste Nachbarschaft des primär erregten Bezirkes, z. B. die Irradiationsphänomene des Gesichtssinnes (426); oder 2) eine ausgedehntere Körperstrecke, namentlich bei heftig schmerzhaften Reizen (449); der Zahnschmerz z. B. verbreitet sich von einem einzigen kranken Zahn auf eine ganze Zahnreihe. Oder endlich 3) ein entferntes Organ, so dass die Mitempfindung eine qualitativ ganz andere ist. Dem Hören eines schrillen Tones, oder dem Kitzel der Fusssohle folgt ein Kältegefühl längs der Rückenhaut. Zu den Mitempfindungen gehören demnach sehr verschiedene und häufig nicht befriedigend analysirbare Ausbreitungsweisen der primären Erregung sensibeler Nervenfasern auf andere sensibele Fasern; immer aber wird die Uebertragung vermittelt, wie bei den Reflexphänomenen überhaupt, durch einen nervösen Centralapparat.

297. Nervenreizung ohne Empfindung.

Von den zahlreichen schwachen Sinnesreizen, denen wir beständig ausgesetzt sind, lösen nur die wenigsten wirkliche Empfindungen aus; der Umstand, dass jeder Reiz eine gewisse Intensitätsgrenze überschreiten muss, ehe er Empfindungen veranlasst, sichert uns einen durch äussere Reize ungestörten Zustand. Aber auch bei starker Reizung des Sinnesnerven können die Empfindungen ausfallen: 1) in Folge unterbrochener Leitung zum Gehirn, z. B. Durchschneidung des Nerven; 2) bei getrübtem Bewusstsein (gewisse Hirn-

krankheiten u. s. w.); 3) bei Ablenkung der Aufmerksamkeit, z. B. Affekte, Zerstreutsein; oder anhaltend einwirkende monotone Reize, die wir nicht mehr beachten (Tiktak der Uhr z. B.). Merkwürdig ist, dass auch nicht beachtete Eindrücke nachträglich, mehr oder minder deutlich, zum Bewusstsein kommen können.

Bedingung der vollkommenen Deutlichkeit einer Empfindung ist die vollständige Concentration der Aufmerksamkeit auf dieselbe. Desshalb stören sich entweder zwei gleichzeitige Empfindungen, z. B. des Gesichts und Gehörs, oder wir bevorzugen die eine und vernachlässigen die andere.

298. Intellectueller Werth der Sinne.

Die Sinne allein ermöglichen die Entwickelung unserer psychischen Anlagen; sie belehren das Kind allmälig über das Vorhandensein eines Aeussern, dem es das Bewusstsein des eigenen Ich entgegensetzen muss (Nihil est in intellectu, quod non ante fuerit in sensu). Desshalb sind alle Empfindungen in der ersten Lebenszeit allgemeine, beziehungslose Erregungszustände, die mit denen der selbstbewussten Seele nicht entfernt vergleichbar sind. Fehlen die wichtigsten Sinne, so kommt die psychische Anlage nur zu einer kümmerlichen Entwickelung; solche Menschen stehen in ihren geistigen Aeusserungen tiefer als viele Thiere. In vereinzelten, merkwürdigen Fällen konnten übrigens Taub- und zugleich Blindgeborene, einzig mittelst des Tastsinnes durch methodischen Unterricht zu einer gewissen Culturstufe und zur Erlernung einer ausreichenden Zeichensprache gebracht werden. Unsere Ideen sind demnach weder ausschliesslich erworben durch die Sinne (Sensualismus), noch sind sie angeboren (Idealismus); angeboren, aber freilich unerklärt, ist bloss die psychische Anlage.

Je nach ihrem psychischen Werth nennt man die Sinne höhere oder niedere. Die ersteren dienen als Grundlagen für die Hauptthätigkeiten der Seele und zwar sowohl zur Auffassung der Dinge der Aussenwelt (vor Allem der Sehsinn, bei Blindgeborenen der Tastsinn), als auch für sämmtliche Vorstellungen und selbst das abstracte Denken (dazu dienen uns als Unterlagen die gehörten Sprachlaute, 587). Die niederen Sinne (Temperatur-, Geruch- und Geschmacksinn) geben die geringsten geistigen Anregungen; sie stehen mehr mit unseren körperlichen Empfindungszuständen in Zusammenhang; als Sinne geringster Objectivität verschaffen sie keinen tieferen Einblick in die Eigenschaften der Dinge der Aussenwelt; Geruch und Geschmack können sogar ausfallen ohne intellectuellen Schaden.

298. a. Raumsinn.

Der Raum- oder Ortssinn belehrt uns über die Form- und Lageverhältnisse der Körperwelt. Wahrnehmungen der Art erfordern bestimmte Einrichtungen in den, dem Raumsinn vorzugsweis dienenden allgemeinen Bedeckungen und

im Auge. Wenn die Gegenstände in ihren räumlichen Beziehungen erkannt werden sollen, so müssen sie beim Sehen Bilder entwerfen auf der Netzhaut des Auges, welche den objectiven Urbildern entsprechen, oder beim Tasten derartig mit der Haut in Berührung kommen, dass sie gewissermaassen Abdrücke ihrer Contouren auf dem tastenden Hautbezirke hervorbringen.

Demnach ist das wesenliche Erforderniss für ein dem Raumsinn dienendes Sinnesorgan eine flächenhafte Ausbreitung der Nervenfasern zur Aufnahme der ebenfalls flächenhaft angeordneten Einwirkung der Sinnesreize. Nur dadurch ist es möglich, dass die Einzelpunkte des Netzhautbildes oder des Cutisabdruckes dieselbe gegenseitige Lage haben, wie die Einzelpunkte des Objectes.

Die, wenn auch noch so genaue Projection des Objectes auf die dem Raumsinn dienende empfindliche Fläche, genügt übrigens keineswegs; zur Wahrnehmung der räumlichen Verhältnisse der Sinnesreize sind noch bestimmte Hülfsmittel nothwendig, um die Objectbilder richtig zu interpretiren. Diese Hülfsmittel werden, bei der allmäligen Erziehung der Sinne, durch psychische Processe gewonnen, die erst bei den Specialleistungen des Tast- und Sehsinnes erörtert und somit hier nur in ihrem Enderfolg annähernd namhaft gemacht werden können, der darin besteht: dass bei jeder bestimmten Stellung des Sinnesorganes ein bestimmter, in Reizung versetzter Punkt des Organes einem bestimmten Punkt der Aussenwelt in unserer Vorstellung entspricht.

Auf die absolute Lage des Objectbildes kommt es hier nicht an; die Cutisabdrücke sind aufrecht, die Netzhautbildchen umgekehrt, und gleichwohl sehen wir die Dinge aufrecht, so, wie wir sie tasten. Ebensowenig kommt es auf die absolute Grösse des Objectbildes an; das Druckbild der Cutis ist ebensogross wie das Object, das Netzhautbild dagegen bedeutend kleiner und gleichwohl erkennen wir die Dinge beim Sehen als ebensogross wie beim Tasten. Auch der sog. Muskelsinn, d. h. unser Urtheil über die beim Betasten eines Körpers von uns vollführten Bewegungen, führt zu übereinstimmenden Auffassungen. Indem wir bei dem Gebrauch unserer Sinne die Empfindungen allmälig beziehen lernen auf eine und dieselbe Erscheinungswelt und dabei die Erfahrung machen, dass dasselbe Ding verschiedene Sinne afficiren kann, gewinnen wir die Ueberzeugung, dass die durch das nämliche Object veranlassten räumlichen Wahrnehmungen wirklich identisch sein müssen.

Bei den übrigen Sinnen kommt eine räumliche Anbringungsweise der Sinnesreize in der eben geschilderten Art nicht vor; zwei, von einander räumlich getrennte, Schallkörper z. B. erregen keineswegs zwei verschiedene Ausbreitungsbezirke des Hörnerven. Gleichwohl fassen wir die Gerüche und Schalle als im Raum gegeben auf, wenn auch mit viel geringerer Genauigkeit als die Gesichts- und Tastobjecte. Wir schliessen nämlich aus derjenigen Stellung des Sinnesorganes, bei welcher die betreffende Empfindung uns am Deutlichsten ist, auf die Richtung, in welcher die Empfindungserregende Ursache liegt und aus der Stärke der Empfindung, auf den Abstand des Sinnesreizes (343).

Ueber die ziemlich undeutlichen räumlichen Beziehungen der meisten Gemeingefühle s. 449. Wegen der Einzelleistungen des Raumsinnes s. namentlich die Physiologie des Sehens und Tastens.

298. b. Zeitsinn.

Zum Unterschied vom Raumsinn ist der Zeitsinn ein Generalsinn in der vollsten Bedeutung des Wortes. Sämmtliche Sinnesorgane verschaffen uns zeitliche Wahrnehmungen. Sollen diese Wahrnehmungen mit einer, wenigstens für den gewöhnlichen Gebrauch der Sinne ausreichenden Zuverlässigkeit, den objectiven zeitlichen Eigenschaften der Sinnesreize entsprechen, so wird gefordert:

1) Dass die Empfindung (nahezu) gleichzeitig beginnt mit dem Auftreten des Sinnesreizes. In der That ist zur Leitung der Erregung durch die Sinnesnerven zum Gehirn, sowie zum Zustandekommen des psychischen Aktes der Empfindung nur ein kleiner Bruchtheil einer Sekunde (295) erforderlich; auch wird die Mehrzahl der von den Objecten unserer näheren Umgebung ausgehenden Sinnesreize mit einer für die vorliegende Forderung mehr als genügenden Geschwindigkeit den Sinnesorganen zugeleitet.

2) Es muss die Empfindung so lange anhalten, als der äussere Reiz auf den Sinnesnerven einwirkt. Sehen wir von, unter bestimmten Nebenbedingungen vorhandenen, Ausnahmen ab, so erfüllen unsere Sinnesempfindungen auch diese Forderung.

3) Die Empfindung muss (nahezu) gleichzeitig aufhören mit dem Aufhören der Einwirkung des äusseren Reizes. Störende sog. Nachempfindungen (296) kommen in der That unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht vor.

Diese Leistungen unserer Sinnlichkeit gestatten eine richtige Orientirung in der Zeit; sie führen uns zur Wahrnehmung der Gleichzeitigkeit und Aufeinanderfolge, sowie der zeitlichen Dauer der Vorgänge in der Aussenwelt. Die Leistungsfähigkeit des Zeitsinns ist jedoch an bestimmte Grenzen gebunden:

a) Folgen momentane Eindrücke schnell aufeinander, so verschmelzen sie zu einer anhaltenden Empfindung, weil einerseits die Erregung des Sinnesnerven noch fortbesteht, wenn der neue Eindruck einwirkt und andererseits die Perception jedes Einzeleindruckes eine gewisse Zeit in Anspruch nimmt (295). Es gibt desshalb eine, zum Theil von der Natur des Sinnesorgans abhängige, kleinste objective Zeit, welche als solche sinnlich überhaupt noch wahrgenommen werden kann; so ist z. B. das mittelst des Hörsinns noch percipirbare Zeitminimum $^1/_{60}$ Sekunde (Mach). Zeitgrössen, welche unter diesem Minimum liegen, z. B. der unendlich kurze Eindruck des elektrischen Funkens, müssen desshalb eine dem Minimum gleichkommende Perceptionsdauer auslösen.

b) Die Zeitwahrnehmungen sind mit einem gewissen Fehler behaftet. Derselbe wird dadurch ermittelt, dass man die Dauer der gehabten objectiven Zeitempfindung durch ein entsprechendes Signal wiederholt. Gehen wir von der (eben definirten) kleinsten, noch wahrnehmbaren Zeit aus, so nimmt der betreffende Fehler mit zunehmender Zeit ab; erreicht ein Minimum bei 1—$1^1/_2$ Sekunden und steigt wieder mit weiterer Zunahme der Zeit (Vierordt). Beim

Gehörsinn beträgt der Fehler 9% für 1—1½ Secunde; dagegen schon 16% bei ⅕ Secunde.

c) Mit unseren Zeitwahrnehmungen ist ausserdem ein constanter Fehler verbunden, der sich in sämmtlichen Sinnesgebieten wiederholt. Kleine Zeiten fassen wir verhältnissmässig grösser auf als sie wirklich sind, während wir grössere Zeiten verkleinern; dazwischen liegt — bei 1½—1⅔ Secunde — eine Zeitgrösse, die wir unverändert percipiren (Vierordt). Die positiven Fehler wachsen mit abnehmender, die negativen mit zunehmender Zeit bis zu einer gewissen Grenze, wo der Fehler nahezu constant bleibt. Objective Zeiten von 1,2—0,7—0,4 Sekunde vergrössern wir um 3—9 und 18%; Zeiten von 1,7—2,2—2,7 Sekunden verkleinern wir um 4—14—22% ihrer wahren Grösse.

Von grösseren Zeiten fällt also ein bestimmter Antheil für unsere Empfindung gewissermassen aus; während zunehmend kleinere Zeiten desshalb um so grössere subjective Zuwüchse erhalten, weil die Dauer der Nachempfindung sowie die zum Zustandekommen der Perception überhaupt erforderliche Zeit, gegenüber der objectiven Zeit, verhältnissmässig immer grösser werden.

d) Fehler in der Auffassung der Gleichzeitigkeit und Succession der Eindrücke kommen sehr häufig vor, werden aber nur selten von uns bemerkt, da gewöhnlich die dazu erforderlichen controllirenden objectiven Hülfsmittel fehlen. Zwei kurze, genau gleichzeitige Eindrücke auf dasselbe oder zwei verschiedene Sinnorgane werden nicht genau gleichzeitig von uns wahrgenommen wegen der verschieden schnellen Fortleitung der Erregung in den Sinnesnerven (295) und der durch die Theilung der Aufmerksamkeit (nach 297) hervorgebrachten Störung. Desshalb kann sogar ein später empfangener Eindruck von uns früher bemerkt werden, als ein früher dagewesener; namentlich dann, wenn wir auf einen Eindruck vorher gespannt sind, dem wir alsdann den Vortritt vor seinem Vorgänger geben. So kann es vorkommen, dass man beim Aderlassen den Blutstrahl früher sieht als man den Schlag des Schneppers hört.

Ueber die vom Raum- und Zeitsinn zugleich abhängigen Wahrnehmungen der Geschwindigkeit und die Specialleistungen des Zeitsinnes überhaupt s. die Einzelsinne.

299. Realität der Sinnesempfindungen.

Die Ansicht, dass die concreten Sinnesempfindungen, ja selbst unsere Grundvorstellungen über die Körperwelt nichts als Täuschungen und Trugbilder seien, hat von jeher Vertheidiger gehabt. Sie könnte eine scheinbare Berechtigung darin suchen, dass die Empfindungen zunächst nichts sind als Wahrnehmungen veränderter Zustände der Sinnesnerven selbst. Gleichwohl aber sind die Empfindungen wahr.

Was die Specialsinne betrifft, so verursacht Licht von bestimmter Wellenlänge in uns die Empfindung einer gewissen Farbe; Tonschwingungen von einer bestimmten Schwingungszahl die Empfindung eines bestimmten Tones, d. h. Sinnesreize und Empfindungsqualitäten sind nicht mit einander vergleichbar, noch können sie bei diesen specifischen Sinnen mit einander irgend ver-

gleichbar sein. Aber die Empfindungsqualitäten an sich sind hier vollkommen gleichgültig, da es nur darauf ankommen kann, dass den einzelnen Sinnesreizen regelmässig wiederkehrende Formen der Empfindungen entsprechen, und diese belügen uns nicht.

Anders verhält es sich mit den Empfindungen der Generalsinne. Mit wachsenden Werthen des concreten Räumlichen und Zeitlichen erhalten wir nicht etwa neue Empfindungsqualitäten, sondern wirkliche Multipla der Empfindungen, entsprechend den grösseren Werthen des betrachteten Räumlichen und des wahrgenommenen Zeitlichen. Was aber das Wesentlichste ist, so fallen hier die specifischen Empfindungsformen weg und verschiedene Sinne führen zu denselben Grundanschauungen der Körperwelt. Wir haben nicht die mindeste Ursache, in Abrede zu stellen, dass Gegenstand und Wahrnehmung mit einander vergleichbar sind.

Man will aber auch die letztere Behauptung, welche die Sinnesphysiologie mit Nachdruck festhält, bestreiten, unter Hinweisung auf den Widerspruch zwischen der, durch Denk- und Naturgesetze festgestellten Unendlichkeit des Raumes und der Zeit einerseits, und der Endlichkeit des empfundenen oder gedachten concreten Raumes und der concreten Zeit andererseits, und aus diesem Widerspruch den Satz ableiten, dass Raum und Zeit als Anschauungen, sowie als Begriffe, blosse subjective Kategorieen unseres Bewusstseins seien. Dagegen ist zu erwidern: Das Einzelne ist zwar zeitlich und räumlich begrenzt, es hat als Ganzes seinen Anfang und sein Ende; es ist aber nicht entstanden ohne reale Ursache und hört nicht auf, ohne entsprechende Wirkungen zu hinterlassen; seine Atome sind unveränderlich, ewig und ungeworden. Das Einzelne steht also nicht im Widerspruch mit der zeitlichen und räumlichen Unendlichkeit des Universums, die höchstens für die unmittelbare Sinnlichkeit unfasslich ist, während, vom Standpunkt der mechanischen Grundprincipien der Naturwissenschaften aus, gerade das Gegentheil unbegreiflich und paradox erscheinen müsste.

300. Sinnestäuschungen.

Die Sinnesthätigkeiten, sie mögen angeregt sein von äusseren oder von inneren, im Körper selbst liegenden, Reizen, führen zu zahlreichen Täuschungen die übrigens der geistig Gesunde in der Regel als solche zu erkennen vermag. Wir beschränken uns hier auf die Hauptcategorieen von Sinnestäuschungen — im weitesten Sinne des Wortes — und verweisen wegen des Weitern auf die Einzelsinne. Unsere Eintheilung geht von den drei Grundbedingungen der objectiven Empfindung aus.

I. Die Ursache der Täuschung liegt in dem Sinnesreiz. 1) Physikalische Ursuchen; z. B. Täuschungen über den Ort eine Schallquelle wegen Reflexion des Schalles; scheinbare Knickung eines in Wasser getauchten Stabes. 2) Pathologische Zustände der zuleitenden Apparate, z. B. eine Trübung der Hornhaut. Die Sinnesreize werden dann auf den Nerven unrichtig übertragen.

II. Die Ursache liegt im Nervenprocess. 1) Nachempfindungen und Mitempfindungen führen vielfach zu Täuschungen; z. B. eine im Kreis schnell bewegte feurige Kohle macht den Eindruck eines continuirlichen Feuerkreises. 2) Eigenthümliche Zustände des Sinnesnerven selbst; z. B. gewisse Farben werden von Einzelnen nicht unterschieden (s. 423).

Viele der, unter I und II genannten Täuschungen sind regelmässige Begleiter unserer Empfindungen und wir haben diese in Uebereinstimmung gebracht mit den veranlassenden Ursachen. Die Unrichtigkeit der Empfindungsform stört daher nicht, sie ist im Gegentheil eine Bedingung der regelrechten Auffassung des äusseren Dinges.

III. Die Ursache der Sinnestäuschung liegt im psychischen Process, d. h. in einer falschen Auslegung der Empfindung. Man unterscheidet seit Esquirol 2 Fälle:

a) Die Empfindung wird veranlasst von Aussen her, aber der objectiv richtige sinnliche Eindruck wird zugleich modificirt, verändert, vergrössert u. s. w. durch Seelenstimmungen. Ursachen dieser Täuschungen, der sog. Illusionen, sind: 1) Mangelnde Erfahrung über die Aussenwelt; das kleine Kind greift nach einem fernen Gegenstand. 2) Vorgefasste Meinungen, z. B. Gespenstersehen des Abergläubischen. 3) Trübung des Bewusstseins, z. B. Narcotismus, Fieberdelirium, Irrsein.

b) Es ist keine äussere Veranlassung der Empfindung vorhanden. Hieher gehören 1) die subjectiven Sinnesempfindungen (290). Dieselben werden entweder als solche erkannt, d. h. dass ihnen nichts Aeusseres entspricht, z. B. ein Ohrensausen, Augenflimmern, oder sie werden nicht als solche erkannt und dann in der Regel von der Seele verändert, vergrössert. Dieses ereignet sich wiederum besonders bei getrübtem Bewusstsein; ein Ohrensausen verwandelt sich in Stimmen, ein Flimmern vor den Augen in Gestalten: sog. Hallucinationen. 2) Wenn die normalen sinnlichen Vorstellungen überhaupt begleitet sind gewissermaassen von verblassten sinnlichen Empfindungen, so kann es nicht auffallen, dass solche Vorstellungen, besonders die intensiven und anhaltenden, endlich in vermeintliche Sinnesempfindungen übergehen. Sie sind, wenigstens theoretisch, abzuscheiden von der vorigen Kategorie von Täuschungen, die, als subjective Empfindungen, von materiellen Erregungszuständen des nervösen Sinnesapparates abhängen. Auch diese Erscheinungen nennt man Hallucinationen (religiöse Visionäre, Besessene, manche Somnambülen; es können selbst eine Anzahl von Menschen gleichzeitige und übereinstimmende derartige Hallucinationen haben). Auch der Traumzustand gehört hieher.

In den sehr seltenen sog. »Hallucinationen ohne Wahn« sieht ein geistig Gesunder Gestalten, hört sie sogar reden u. dergl., ohne sie für objectiv und wahr zu halten.

XVII. Tastsinn.

301. Leistungen.

Der Tastsinn (Gefühlssinn) verschafft zweierlei Empfindungen: des Druckes und der Temperatur. Beide sind specifischer Natur; gleichwohl aber haben sie, soviel man weiss, keine gesonderten Nervenfasern und peripheren Organe. Ueber die Centralorgane dieser Empfindungen im Gehirn ist nichts bekannt. In Krankheiten, z. B. chronischen Rückenmarksleiden können diese Empfindungen in grösseren Hautstrecken nicht bloss gleichmässig, sondern unter Umständen in sehr verschiedenem Grade beeinträchtigt sein: der Drucksinn kann mangeln bei unversehrtem Temperatursinn und umgekehrt; eine Hautstelle kann vollständig unempfindlich sein gegen schmerzhafte Eindrücke ohne Beeinträchtigung des Druck- und Temperatursinnes (447 Anmerkung), Erscheinungen, die auf verschiedene Centralorgane dieser Empfindungen hindeuten. Die Lehre vom Tastsinn verdankt ihre physiologische Begründung den Arbeiten E. H. Weber's.

Objective Druck- und Temperaturwahrnehmungen vermitteln die allgemeinen Bedeckungen, Mundhöhle, vorderer Eingang und Boden der Nasenhöhle, Rachen und Mastdarmende. Undeutliche Temperaturempfindungen kommen noch vor in der Speiseröhre. In allen übrigen Theilen des Nahrungsschlauchs fehlt der Druck- und Temperatursinn. Legt man z. B. einem mit einer Darmfistel Behafteten ein Stückchen Eis auf die Schleimhaut des Darms, so tritt keine Kälteempfindung ein. Ebensowenig empfinden wir etwas von dem Drucke, welchen die, nicht mit Drucksinn begabten Körpertheile, auf einander ausüben.

Reizung der dem Temperatur- und Drucksinn dienenden Nerven in ihrem Verlauf durch objective Temperatur und Druck vermittelt keine entsprechenden Empfindungen, sondern Schmerzen. Nach Zerstörung einer Hautstelle sind Temperatursensationen nicht mehr möglich. Es dürften demnach besondere Vorrichtungen vorhanden sein, um den Endausbreitungen der sensibeln Nerven Druck- und Temperaturwirkungen zuzuleiten; die betreffenden Organe sind aber noch unbekannt. Die speciellen Leistungen der Epidermis, der Hautwärzchen (viele derselben sind sogar nervenlos), der sog. Tastkörperchen Meissner's und der, mit letztern verwandten, von W. Krause entdeckten kolbenförmigen Endkörperchen sensibeler Nerven sind noch nicht aufgeklärt. Schon das auf bestimmte Cutis- und Schleimhautstellen beschränkte Vorkommen der »Tastkörperchen« erlaubt keine, über das Hypothetische hinausgehende, Vorstellungen über deren physiologische Beziehungen.

302. Raumsinn der Tastorgane.

Druck- und Temperatureinflüsse, welche die Organe des Tastsinnes treffen, erzeugen nicht bloss die entsprechenden specifischen Empfindungen des Druckes und der Temperatur, sondern diese Empfindungen werden von uns ohne Ausnahme verlegt in die betreffenden Körpertheile selbst; die letzteren sind mit Raumsinn (Ortssinn) begabt. Demgemäss unterscheiden wir auch zwei, im Uebrigen völlig gleiche Eindrücke, welche zwei verschiedene Hautstellen treffen, als gesonderte.

Der Raumsinn zeigt an den einzelnen Körperstellen sehr verschiedene Grade von Schärfe, die E. H. Weber auf zweierlei Weise ermittelte. 1) Man berührt die Haut mit einer Stricknadel; der Berührte muss anzeigen, wo die Berührung stattfindet oder wo sie stattfand. Der Irrthum beträgt an den Lippen und Fingerspitzen ½ Par. Linie, am Oberschenkel aber 7 Linien. Oder 2) man setzt die Spitzen eines Zirkels auf die Haut und bestimmt den kleinsten Abstand der Spitzen, bei welchem noch eine zweifache Berührung wahrgenommen wird. Dieser Abstand beträgt: ½ Linie an der Zungenspitze (dem in diesem Betreff bevorzugtesten Körpertheil), 1 Linie auf der Volarseite des letzten Fingerglieds, dagegen 16—30 Linien auf den am wenigsten begünstigten Hautstrecken: der Rückenhaut und (an den Gliedmaassen) den obersten Parthien des Oberarmes und Oberschenkels. Werden aber die Zirkelspitzen einander mehr genähert, als die genannten Abstände betragen, so entsteht nur eine einzige Empfindung. Die bevorzugteren Hautstellen sind nervenreicher, namentlich aber gehören sie den beweglicheren Körpertheilen an. An der oberen Extremität ist die Beugeseite erheblich bevorzugt, gegenüber der Streckseite und zwar im Durchschnitt um ⅙ (Kottenkamp und Ullrich).

E. H. Weber erhielt für die übrigen Hautbezirke folgende Werthe in Linien: 2: rother Theil der Lippen, Volarseite des zweiten Fingergliedes — 3: Dorsalseite des letzten Fingergliedes, Nasenspitze, Volarseite an den Capitulis ossium metacarpi — 4: Rücken der Zunge, 1 Zoll hinter der Spitze in der Mitte; Rand der Zunge; nicht rother Theil der Lippen, am Metacarpus des Daumens — 5: Plantarseite der grossen Zehe am letzten Gliede, Rückenseite des zweiten Gliedes der Finger, Backen, äussere Oberfläche des Augenlids — 6: Mitte des harten Gaumens — 7: Haut auf dem vorderen Theil des Jochbeins, Plantarseite am Mittelfussknochen der grossen Zehe, Rückenseite des ersten Gliedes der Finger — 8: Rückenseite der Capitula ossium metacarpi — 9: Innere Oberfläche der Lippen nahe am Zahnfleisch — 10: Haut am hinteren Theile des Jochbeines, unterer Theil der Stirn, hinterer Theil der Ferse — 12: Behaarter unterer Theil des Hinterhauptes — 14: Handrücken — 15: Hals unter der Kinnlade, Scheitel — 16: Kniescheibe und Umgegend — 18: Kreuz, auf dem m. glutaeus, oberer und unterer Theil des Unterarmes und Unterschenkels, Fussrücken in der Nähe der Zehen — 20: Haut auf dem Brustbein.

Bei der zweifachen Empfindung hat man zugleich ein deutliches Gefühl eines Zwischenraumes zwischen den berührten Hautstellen; wogegen die einfache Empfindung beider Zirkelspitzen selbstverständlich die Wahrnehmung eines Zwischenraumes ausschliesst, wohl aber unter Umständen die Empfindung eines länglichen Körpers veranlasst. Man kann dann wenigstens angeben, ob die zwei Zirkelspitzen in der Längs- oder Querrichtung u. s. w. des betreffenden Körpertheils liegen. Sind aber beide Eindrücke verschieden, z. B. die eine Zirkelspitze kalt, die andere warm, so fühlt man sie gedoppelt, ohne jedoch über die Stellung derselben etwas aussagen zu können, z. B. welche die obere ist (Czermak). Nach Weber ist die Empfindlichkeit in der Längsrichtung der Glieder geringer als in der Querrichtung; man hat also die Zirkelspitzen, wenn sie in der Längsrichtung des Gliedes aufgesetzt werden, weiter von einander zu entfernen, um einen gedoppelten Eindruck zu erhalten. Nach Kottenkamp und Ullrich ist die Querrichtung in der oberen Extremität auf der Beugeseite um ⅛, der Streckseite um ¼ bevorzugt.

Uebung erhöht die Feinheit des Raumsinnes, und zwar an sonst minder bevorzugten Körperstellen verhältnissmässig mehr, als an den feiner tastenden. Wird der Sinn an einer Stelle durch Uebung geschärft, so kommt dieses, nach Volkmann, dem symmetrischen Theil der anderen Körperseite ebenfalls zu gut. Besonders entwickelt, und zwar angeblich an allen Körperstellen, ist der Raumsinn bei Blinden, wogegen er abnimmt in Folge starker Dehnungen der Haut, z. B. auf der Bauchhaut Schwangerer (Czermak).

302a. Abhängigkeit des Raumsinnes von der Bewegungsgrösse.

Die aus den Weber'schen Messungen ersichtliche Zunahme der Feinheit des Raumsinnes der Gliedmaassen in der Richtung nach abwärts führte Vierordt zu der Vermuthung, diese Zunahme verhalte sich proportional den Abständen der Hautstellen von ihren respectiven Gelenken, d. h. proportional der Excursionsweite der, um ihre Gelenkaxe rotirenden Hautstellen, eine Vermuthung, die auch in dem nothwendig anzunehmenden engen Zusammenhang zwischen Raumsinn und Muskelsinn eine Stütze findet. Kottenkamp und Ullrich prüften diese Verhältnisse an zahlreichen Einzelstellen der oberen Extremität und erhielten folgende vergleichbare Maasse der Feinheit des Raumsinnes, auf der Streckseite.

	Hautstelle.	a Abstand der Hautstelle von ihrer Drehaxe in % der Länge des Theiles.		b Vergleichbare Maasse des Raumsinnes.	c Empfindlichkeitszunahme.
	Acromion	—		100	
Oberarm		0	Länge des Oberarmes = 100	112	+ 0
		26		121,5	+ 9,5
		60		129,4	+ 17,4
		94		141,0	+ 29,0
Vorderarm		0	Länge des Vorderarmes = 100	148	+ 0
		10		158,3	+ 10,3
		28,5		160	+ 12,0
		50		202	+ 54
		71,5		216	+ 68
		93		242,4	+ 94,4
Hand		0	Handlänge = 100	250	+ 0
		33		346,8	+ 96,8
		66		437,3	+ 187,3
		100		547,4	+ 297,4
Fing. 2–5	Erstes Fingergelenk	0	Fing. 2–5. Ihre mittl. L. = 100.	630	+ 0
	1te Phalanx Mitte	24		987	+ 357
	2te Phalanx Mitte	62		1522	+ 892
	3te Phalanx Mitte	88		2047	+ 1417

Verhalten sich an zwei verschiedenen Hautbezirken die zur Gewinnung einer Doppelempfindung erforderlichen Abstände beider Zirkelspitzen wie 2 : 1, so verhalten sich deren respective Feinheitswerthe des Raumsinnes wie 1 : 2. Obige Tabelle drückt die Leistungen des Raumsinnes ganz allgemein in vergleichbaren Werthen aus; wenn z. B. die Mitte der 3. Phalanx bei einem Abstand der Zirkelspitze von 1 Linie noch 75 % Dop-

pelempfindungen (richtige Fälle) und 25 % einfache Empfindungen (falsche Fälle) ergibt, so erhält man am Acromion dasselbe Verhältniss richtiger und falscher Fälle bei einem Zirkelspitzenabstand von 20 Linien. Bei einem Abstand von 2 Linien gibt die 3te Phalanx selbstverständlich eine grössere Zahl richtiger Entscheidungen, etwa 95 %.

Die Feinheit des Raumsinnes auf der oberen Extremität nimmt also in der Richtung gegen die Fingerspitzen immer mehr zu; diese Zunahme erfolgt am Oberarm langsam (sodass sie den früheren Forschern wohl verborgen bleiben konnte), etwas rascher am Vorderarm, am schnellsten auf der Hand und namentlich den Fingern. Die vergleichbaren Werthe der Feinheit des Raumsinnes innerhalb des Bereiches jeder der 4 Hauptabtheilungen (Ober- und Vorder-Arm, Hand und Finger) der oberen Extremität sind jeweils die Summen zweier Grössen: einer Constanten und einer Variabelen. Der, sämmtlichen Bezirken einer Abtheilung gemeinsame, constante Werth tritt rein hervor in dem Empfindlichkeitswerth der Haut unmittelbar an der Gelenkaxe (Schulter-Ellbogen- Hand- und erstes Fingergelenk); während der variabele Werth dem Abstand der Hautstellen von dem Gelenk, also auch der Bewegungsgrösse der einzelnen um ihr gemeinsames Gelenk rotirenden Hautstellen, proportional ist (Vierordt). Die Variabele zeigt im Verhältniss zur Constanten besonders grosse Werthe in der Region der Hand und der Finger; auch scheint beim Ueberspringen eines Gelenkes der Raumsinn eine kleine Steigerung zu erfahren.

Die correspondirenden Werthe der Rubriken a und c obiger Tabelle zeigen in jeder der 4 Hauptabtheilungen der Oberextremität eine annähernd übereinstimmende proportionale Zunahme. Auf der Beugeseite erhielten Kottenkamp und Ullrich im Allgemeinen dieselben Ergebnisse; doch weichen die berechneten Empfindlichkeitswerthe von den beobachteten zum Theil etwas mehr ab, weil hier die Einflüsse der Uebung des Tastsinnes sich stärker geltend machen.

303. Gestaltwahrnehmung.

Zur Beurtheilung der Gestalten der Gegenstände und deren gegenseitigen Entfernungen haben wir zwei Hülfsmittel: I. Der Gegenstand kommt in Berührung mit der Haut und setzt gewissermaassen einen Abdruck auf derselben. Die gegenseitigen Lagen und Abstände der berührten Hautstellen sind uns aber genau bekannt; daraus beurtheilen wir unmittelbar die Grösse und Gestalt des Gegenstandes selbst. Das Tastobject berührt 1) entweder mit allen seinen Punkten gleichzeitig die Haut, oder 2) die Berührung geschieht successiv, d. h. immer neue Stellen des Objectes kommen in Contact mit neuen Bezirken der Haut. In letzterem Fall ist unser Urtheil oft sicherer, indem der Gang der Vorstellung durch die Wirklichkeit dem Sinn schon vorgeschrieben ist (Tourtual). II. Wir betasten der Reihe nach neue Punkte des Gegenstandes mit derselben Cutisstelle und schliessen aus der Grösse und den Richtungen der von uns vollführten Bewegungen auf die Grösse und Gestalt des Gegenstandes.

Diesen Wahrnehmungen sind übrigens bestimmte Grenzen gesetzt. Ein Kreis von 1½ Linien Durchmesser wird als solcher nur wahrgenommen

mit der Zungenspitze, aber nicht mehr mit den Lippen und der Volarfläche der letzten Fingerglieder, wo der Kreisdurchmesser schon 2 Linien betragen muss. Am Bauch ist sogar ein Durchmesser von mehr als 2 Zollen erforderlich, wenn anders die Figur als Kreis soll erkannt werden.

Hinter den Leistungen des Auges, welches die Flächen eines Sandkornes deutlich wahrnimmt, steht das Getast weit zurück. Bei Blinden ist übrigens der Sinn viel entwickelter; begabte Künstler unter ihnen waren z. B. im Stande, die betasteten Gesichtszüge eines Menschen in Bildnerarbeit treu wiederzugeben.

304. Projection der Tastempfindungen nach Aussen.

Tastempfindungen haben wir an der Oberfläche des Körpers, also da, wo die betreffenden Nerven von den Tastobjecten selbst erregt werden. Unter Umständen aber verlegen wir auch diese Empfindungen nach Aussen und zwar:

1) In nervenlose Theile, welche mit der tastenden Fläche verbunden sind. Die Haare leiten Bewegungen, die ihnen mitgetheilt werden, bis zu den empfindlichen Hautstellen, aus denen sie hervorwachsen; wir verlegen aber die dadurch bedingten Empfindungen in die an sich unempfindlichen Haare. Aehnlich verhält es sich mit den Nägeln und Zahnkronen.

Oder 2) wir verlegen die Empfindungen an das Ende eines mit der Haut in Berührung kommenden fremden Körpers. Stemmt man z. B. ein Stäbchen mittelst eines Fingers, der auf das obere Ende des Stäbchens gesetzt wird, gegen einen Tisch, so entstehen, namentlich wenn der Finger Bewegungen vollführt, zwei Empfindungen, und zwar die eine da, wo der Finger das Stäbchen berührt, die zweite am unteren Ende des Stäbchens; wir fühlen also mit vollkommener Deutlichkeit den Tisch selbst. Darauf beruht die Anwendung der Sonde in der Medicin.

305. Täuschungen des Raumsinnes.

Werden in Hautstellen von sehr verschiedener Feinheit des Raumsinnes zwei von einander hinreichend und gleichweit entfernte Punkte berührt, so hat man in den feiner tastenden Bezirken die Empfindung eines grösseren Abstandes. Streicht man die Spitzen eines geöffneten Zirkels mit einer gewissen Geschwindigkeit über eine längere Hautstrecke, so scheinen die Spitzen immer mehr auseinander zu weichen, wenn sie in Bezirke von zunehmend feinerem Raumsinn übergehen (z. B. vom Ohr gegen die Lippen). Wird der Zirkel in umgekehrter Richtung bewegt, so haben wir die Empfindung, als ob die Abstände beider Spitzen immer mehr abnähmen (E. H. Weber). Wird der geöffnete Zirkel mit constanter Geschwindigkeit bewegt, so hat man gleichwohl die Empfindung einer Geschwindigkeitszunahme beim Uebergang in feiner tastende Hautstellen (Vierordt).

Letzteres ist auch der Fall, wenn nur ein einziger Körper, z. B. ein Stäbchen, über eine grössere Hautstrecke bewegt wird; ein mit constanter Geschwindigkeit bewegter

Körper muss uns als schneller bewegt vorkommen auf Hautstellen, in welchen 2 gereizte Punkte uns die Empfindung seines scheinbar grösseren Abstandes verschaffen.

Berührt man 2 Hautstellen mit den Spitzen des geöffneten Zirkels, so erscheint der Zwischenraum entschieden grösser, als wenn man eine Zirkelspitze durch dieselbe Distanz über die Haut fortbewegt (Fechner).

Je schneller die Bewegung über die Haut geschieht, um so kürzer empfindet man die Distanz; bei einer gewissen Langsamkeit der Bewegung ist kein Unterschied vorhanden; bei noch grösserer Verlangsamung erscheint die »bewegte« Distanz sogar grösser als die Zirkeldistanz (Vierordt). Die kleine Beobachtungszeit im ersten Fall wird von uns grösser, die relativ grosse Zeit im dritten Fall aber kleiner empfunden, als sie wirklich ist (298, b). Daraus folgt die Täuschung einer geringeren Geschwindigkeit und eines kleineren zurückgelegten Raumes für den ersten; einer grösseren Geschwindigkeit und eines längeren zurückgelegten Raumes für den zweiten Fall.

Betastet man einen Körper, z. B. eine Kugel, ohne denselben zu sehen, mit Stäben von verschiedener Länge, indem man mittelst derselben die Peripherie des Körpers umgeht, so ist bei Anwendung langer Stäbe der Winkel viel kleiner, den man zu beschreiben hat, um den Umfang des Körpers zu umgehen; letzterer wird desshalb als kleiner aufgefasst (Tourtual).

Bewegen wir eine Hautstelle z. B. einen Finger über einen feststehenden Körper (am Besten eine stumpfe Spitze), so scheint sich der Körper in entgegengesetzter Richtung zu bewegen. Erst bei einer gewissen (in der Regel sehr grossen) Geschwindigkeit der bewegten Hautstelle, wird der betastete Körper als ruhig empfunden (Vierordt).

Allbekannt ist ein Fall von Doppelfühlen: kreuzt man zwei Finger und rollt zwischen denselben eine kleine Kugel, so erscheint diese deutlich doppelt. Bei der gewöhnlichen Lage der Finger haben wir das Gefühl zweier, mit ihren Concavitäten einander zugewandten Kugelsegmente, die wir zu einer einzigen Kugel ergänzen. Bei der Kreuzung aber werden die beiden Kugelflächen betastet von zwei, sonst von einander abgewandten Seiten der Finger; man fühlt zwei Kugelflächen, deren Convexitäten einander zugekehrt sind, und kann diese Empfindungen nicht zu einer einzigen verschmelzen.

Drücken wir einen Stab zugleich an die Ober- und Unterlippe, so fühlen wir ihn als gerade; verschieben wir aber eine Lippe seitlich, oder noch besser beide in entgegengesetztem Sinne, so kommt uns der Stab gebrochen vor (Czermak). Diese Täuschung verschwindet vor dem Spiegel.

Merkwürdig sind die Empfindungen auf transplantirten Hautlappen, z. B. beim künstlichen Nasenersatz (Dieffenbach, J. Müller, W. Busch). Die verloren gegangene Nase wird aus der Stirnhaut gebildet und zwar so, dass anfangs eine Hautbrücke an der Nasenwurzel gelassen wird. Enthält diese Brücke noch undurchschnittene Nervenfäden (Zweigchen des Ramus supratrochlearis oder der Rami frontales des Stirnastes des N. trigeminus), so verlegt der Kranke alle Eindrücke, welche die neue Nase treffen, an den früheren Ort in die Stirn. In einzelnen Fällen bestand die Täuschung selbst mehrere Monate hindurch nach der Operation. Es ist nicht angegeben, ob sie corrigirbar ist durch den Gesichtssinn.

Fehlt, was fast immer der Fall ist, die Nervenbrücke, so hat der Kranke natürlich keine Empfindung in seiner neuen Nase. Erst nach einigen Monaten stellt sich von den Wundrändern aus die Empfindung und zwar mit richtiger Localisation allmälig ein, indem von der Wangenhaut (vom N. infraorbitalis aus) Nerven durch die Narbe wachsen und die neue Nase mit Zweigchen versehen (Busch).

306. Drukempfindungen.

Der Druck, welchen äussere Objecte auf uns ausüben, wird entweder unmittelbar geschätzt mittelst specifischer Tastempfindungen (Druck) oder mittelbar, d. h. durch das Bewusstwerden einer ausgeführten willkürlichen Bewegung. Im letzteren Fall erschliessen wir nämlich die Grösse des Druckes (Gewichts) sowohl aus den begleitenden Muskelgefühlen, als auch aus der Schätzung des Kraftmaasses, des aufzuwendenden Willensimpulses, welchen wir nöthig haben, um dem Object Widerstand zu leisten, oder um dasselbe zu heben (J. Müller). Die nämlichen Hülfsmittel dienen zur Wahrnehmung von Druckunterschieden. Man beschwert z. B. beide, auf einer Unterlage ruhenden Hände mit Gewichten, oder noch besser, man legt zwei Gewichte nach einander auf die Hand. Etwas feiner sind die Leistungen des Muskelgefühls; die Gewichte werden auf die Hand gelegt, während wir zugleich Bewegungen mit der Hand vollführen. Man ist nach E. H. Weber im Stande, Gewichtsunterschiede von etwa $^1/_{40}$ noch zu erkennen, vorausgesetzt dass die Gewichte weder zu schwer noch zu leicht sind. Zunahme eines auf der Haut lastenden Druckes wird leichter wahrgenommen als Abnahme desselben (Panum und Dohrn). Der Drucksinn zeigt in den verschiedenen Bezirken der Haut geringere Unterschiede seiner Feinheit als der Raumsinn; wendet man jedoch nur schwache Druckgrössen an, wie z. B. Goltz, der in einem prall mit Wasser gefüllten Cautschukbeutel Spannungswellen erregte, so stellen sich bedeutendere Unterschiede heraus.

In gewissen chronischen Rückenmarksleiden kann der Drucksinn in der Haut vollständig vernichtet sein, in den darunterliegenden Muskeln dagegen ungeschwächt fortbestehen; ein Kranker Eigenbrodt's, der mittelst der Armmuskeln 30 Loth von 32 leicht unterschied, war nicht im Stande, ein auf die Hand gelegtes 5 Pfundgewicht zu bemerken.

307. Nachempfindungen des Drucksinnes.

Nach Beseitigung von Dingen, welche längere Zeit mit der Haut in Berührung waren, wie Ringe, Brillen, können entsprechende Nachempfindungen Tage lang fortbestehen. Bemerkenswerther ist die Summirung der Nachwirkungen schnell auf einander folgender Tasteindrücke zur Gesammtempfindung. Valentin benützte eine drehbare runde Scheibe, deren Rand mit einer Anzahl gleich grosser und gleich weit von einander abstehender Zähne versehen war. Beim Drehen der Scheibe bekommt die Haut zwei, regelmässig abwechselnde ungleiche Tastempfindungen: der Berührung und der Pause; 480 bis 640 in der Sekunde geschehende Einzeleindrücke verschmelzen noch nicht zu einer

völlig gleichartigen Empfindung. Wird aber die Scheibe noch schneller gedreht, so entstehen minder ungleiche Empfindungen, die Valentin successiv als rauh, wollig u. s. w. bezeichnet. Sehr schnelle Drehungen endlich bedingen durchaus gleichförmige Empfindungen des »Glatten« oder, in höheren Graden, des »Polirten«. Diese Gleichförmigkeit wird früher erreicht an Hautbezirken mit dünner Epidermis oder geringerem Ortssinn, namentlich auch an erkälteten oder mit gewissen Stoffen, z. B. Weingeist, eingeriebenen Hautstellen.

308. Temperaturempfindungen.

Nur innerhalb ziemlich enger Grenzen haben wir wirkliche Temperaturempfindungen, jenseits derselben dagegen Schmerzen. Wasser z. B. verursacht uns bei etwa 55° C. keine eigentlichen Wärmeempfindungen, sondern ein leises Brennen, während es schon bei wenigen Graden über dem Nullpunkt nicht mehr als kalt empfunden wird, sondern schmerzhaft zu werden beginnt.

Nach E. H. Weber sind zwischen 14 und 29° R. Temperaturunterschiede von $^1/_5$—$^1/_6$° bei grosser Aufmerksamkeit erkennbar; zwischen 22—26° R. erreicht das Unterscheidungsvermögen sein Maximum (Nothnagel). Am bevorzugtesten sind Zungenspitze, Gesichtshaut und Finger; die einzelnen Hautstellen unterscheiden sich übrigens in der Feinheit des Temperatursinnes bei weitem nicht in dem Grade, wie bezüglich des Raumsinnes.

Aeussere Wärme geht in die Haut über, wenn das, an die Oberfläche der Epidermis grenzende Medium und die Epidermis selbst höher temperirt ist als die Lederhaut; andererseits gibt eine Hautstelle Wärme ab, wenn die Temperatur der Lederhaut höher ist als die Temperatur der Epidermis und des an diese grenzenden äusseren Mediums. Je grösser diese Temperaturdifferenz, um so rascher fliesst selbstverständlich der Wärmestrom nach der einen oder der entgegengesetzten Richtung und um so stärker ist demnach die entsprechende Temperaturempfindung.

Temperaturempfindungen entstehen aber nur dann, wenn die Flächeneinheit der Haut in der Zeiteinheit eine bestimmte (experimentell noch nicht gemessene) Wärmemenge aufnimmt oder abgibt (Vierordt). Beides erfolgt besonders rasch bei 1) plötzlichen Temperaturänderungen der Haut. Kommt ein Körper, welcher dieselbe Temperatur besitzt wie die Haut, mit dieser in Berührung, so erscheint er uns, dem oben Gesagten zufolge, weder warm noch kalt; letzteres ist aber sogleich der Fall, wenn der Körper unsere Haut durch Zuleitung von Wärme höher temperirt, oder wenn er sie, durch Wärmeentziehung, abkühlt. Dass beide Veränderungen mit einer gewissen Geschwindigkeit erfolgen müssen, wenn Temperaturempfindungen eintreten sollen, folgt aus dem oben entwickelten Vordersatz. Während dieser Aenderungen empfinden wir also Kälte oder Wärme.

2) Ein Wärmestrom ist aber offenbar auch möglich, nach der einen oder andern Richtung, bei vollständig gleichbleibender Temperatur der Einzelschichten

der Epidermis und der Lederhaut, vorausgesetzt, dass diese Schichten in der Richtung von Innen nach Aussen oder umgekehrt constante Temperaturdifferenzen bieten. Die Haut erleidet also in diesen Fällen keine Temperaturveränderungen; es ist ein Beharrungszustand eingetreten, d. h. die Haut gibt entweder soviel Wärme ab an das durch dieselbe fliessende Blut, sowie in die unterliegenden Gewebe und das durch letztere fliessende Blut, als sie von Aussen empfängt, oder sie entzieht dem Blut und den unterliegenden Geweben soviel Wärme, als sie an das äussere Medium in derselben Zeit abgibt. Erreicht die Menge der nach der einen oder anderen Richtung fliessenden Wärme eine bestimmte Grösse, so haben wir, auch unter diesen Umständen, bekanntlich das Gefühl anhaltender Wärme oder Kälte.

Letzteres wird vielfach verkannt, indem man im Widerstreit mit der alltäglichen Erfahrung behauptet, dass Wärmeempfindungen immer nur während des Temperatursteigens der Haut möglich seien. Bekanntlich haben wir aber anhaltendes Wärmegefühl, so lange wir in der Nähe eines geheizten Ofens verweilen oder eine Hautstelle mit einem gehörig warmen oder kalten Körper in Berührung bringen. Von einem beständigen Temperatursteigen der Haut kann unter diesen Verhältnissen selbstverständlich nicht die Rede sein, sondern es muss die Hautoberfläche nunmehr einen bestimmten Temperaturgrad beharrlich bewahren.

Drückt man (bei einer mittleren Zimmerwärme) ein kaltes Metallstück (von — 2 bis — 8°) etwa 20 Secunden hindurch gegen den Handteller, so fällt die Temperatur des letzteren um 5—8° C. Man hat zugleich (s. oben) eine schmerzhafte Empfindung. Nach Entfernung des Metalls erwärmt sich die erkältete Haut anfangs rasch, später langsamer, doch so, dass selbst nach 5—8 Minuten die Haut noch nicht ihre frühere Temperatur erreicht hat. Während dieser ganzen Zeit des objectiven Temperatursteigens der Haut hat man deutliches Kältegefühl.

Bringt man umgekehrt ein recht warmes (übrigens nicht schmerzendes) Metallstück mit der Haut kurze Zeit in Berührung, so steigt die Hautwärme um 1—2°. Kühlt sich, nach Entfernung des warmen Körpers die Haut langsam ab, so hat man Minutenlang (7′ und darüber) ein Gefühl von Wärme (Vierordt).

Demnach ist die objective Ursache sämmtlicher Temperaturempfindungen in letzter Instanz der Durchgang einer bestimmten Wärmemenge durch die Haut; wir percipiren aber nicht bloss die Stärke, sondern auch die Richtung des Wärmestromes in der Form von Wärme oder Kälte und zwar unter Umständen ganz unabhängig von der objectiven Temperaturveränderung der Haut.

309. Temperaturtäuschungen.

I) Wurde eine Hautstelle durch Eintauchen in nieder temperirtes Wasser, z. B. von 10°, abgekühlt, so empfindet man beim Einbringen derselben in Wasser von z. B. 16° einige Secunden hindurch Wärme, d. h. so lange, als die Hauttemperatur zunimmt; dann erst folgt anhaltendes Kältegefühl. Die jeweilige Temperatur der Haut veranlasst also falsche Beurtheilungen der ob-

jectiven Temperatur. II) Schnelle Temperaturänderungen der Haut bedingen lebhaftere Empfindungen. Kalte Körper, welche die Wärme gut leiten, wie Metalle, halten wir für viel kälter als andere gleichkalte, welche, wie z. B. Holz, schlechte Wärmeleiter sind. Die Hand empfindet Brennen bei Luft von 120 °, Holz von 80 °, Quecksilber von 50 °. III) Kleine Hautstrecken verursachen schwächere Temperatureindrücke als grössere. Taucht man z. B. einen Finger in Wasser von 32 ° R., die ganze Hand dagegen in solches von 29½°, so erscheint letzteres gleichwohl wärmer (E. H. Weber).

310. Gegenseitige Berührung zweier Tastorgane.

Kommen zwei gleichwarme Hautstellen mit einander in Berührung, so erlangt die mit feinerem Raumsinn begabte das Uebergewicht, d. h. sie tastet die minder bevorzugte Stelle. Der Finger z. B. fühlt die Stirn; die reciproke Tastempfindung der Stirn fällt dagegen aus. Umgekehrt aber verhält es sich, wenn feiner tastende Stellen mit einer gewissen Schnelligkeit über minder bevorzugte bewegt werden.

Bringen wir zwei Hautbezirke von verschiedener Temperatur in Berührung, so entstehen bloss zwei Empfindungen: *a* tastet *b*, während *b* die Temperatur von *a* empfindet (E. H. Weber). Legt man z. B. die Hand auf die Stirn, so spürt die Stirn die Wärme der Hand, die Hand aber tastet die Stirn. Dagegen fallen aus: das Fühlen der Hand durch die Stirn und die Empfindung der Kälte der Stirn durch die Hand. Zur durchgreifenden Erklärung sind die Versuche noch nicht gehörig variirt; in dem ausgebildeten Raumsinn der Hand gegenüber der Haut liegt jedenfalls ein Erklärungsgrund.

XVIII. Hören.

311. Vorbemerkungen.

Die äussere Ursache der Hörempfindungen, der objective Schall, besteht in eigenthümlichen oscillirenden Bewegungen der Schallquelle. Befähigt zu solchen Bewegungen sind Körper von allen drei Aggregatzuständen, also Wasser und Luft (die Medien, in welchen Thiere leben und aus welchen sie hören) und viele feste Körper, falls sie die erforderlichen elastischen Eigenschaften besitzen. Man unterscheidet zwei Hauptformen von Hörempfindungen, die durch bestimmte Zustände der Schallquellen bedingt werden: 1) Töne, verursacht durch schnelle und regelmässig wiederkehrende Bewegungen der Schallquellen, d. h. durch periodisch auf einander folgende Vibrationen. 2) Geräusche: Schallbe-

wegungen und somit auch Empfindungen von verwickelterer Natur; die Vibrationen folgen unregelmässig und nach keinem bestimmten Periodicitätsgesetz auf einander.

Die wesentlichsten Theile des akustischen Apparates: der Hörnerv und dessen Centraltheile im Gehirn vermitteln die specifischen Schallempfindungen. Die accessorischen Theile (äusseres und mittleres Ohr, sowie die nicht nervösen Organe des inneren Ohres) dienen als Zuleitungsapparate des Schalles überhaupt, sowie als Verstärkungs- oder Dämpfungsmittel der Schalle insbesondere.

A. Grundformen der Tonschwingungen.

312. Fortschreitende Schwingung der Lufttheilchen.

Eine Luftmasse, die von einem Stoss getroffen wird, kommt, wegen der Elasticität der Theilchen, nicht gleichzeitig in Bewegung, sondern der Stoss pflanzt sich von Schicht zu Schicht mit endlicher Geschwindigkeit weiter, mit anderen Worten: es schreitet eine Welle durch die Luft. Die Schallwellen pflanzen sich in allen Medien nach denselben Grundnormen weiter; wir beschränken uns zunächst auf die Luft.

Im Ruhezustand zeigen die Lufttheilchen I, II, III u. s. w. (Horizontallinie A Fig. 53) gleiche Abstände von einander. Wir zerlegen den, die Luft treffenden Stoss in eine Anzahl Einzelstösse von gleicher Dauer, aber anfangs zunehmender, dann abnehmender Stärke (Geschwindigkeit), der Einfachheit wegen bloss in 3.

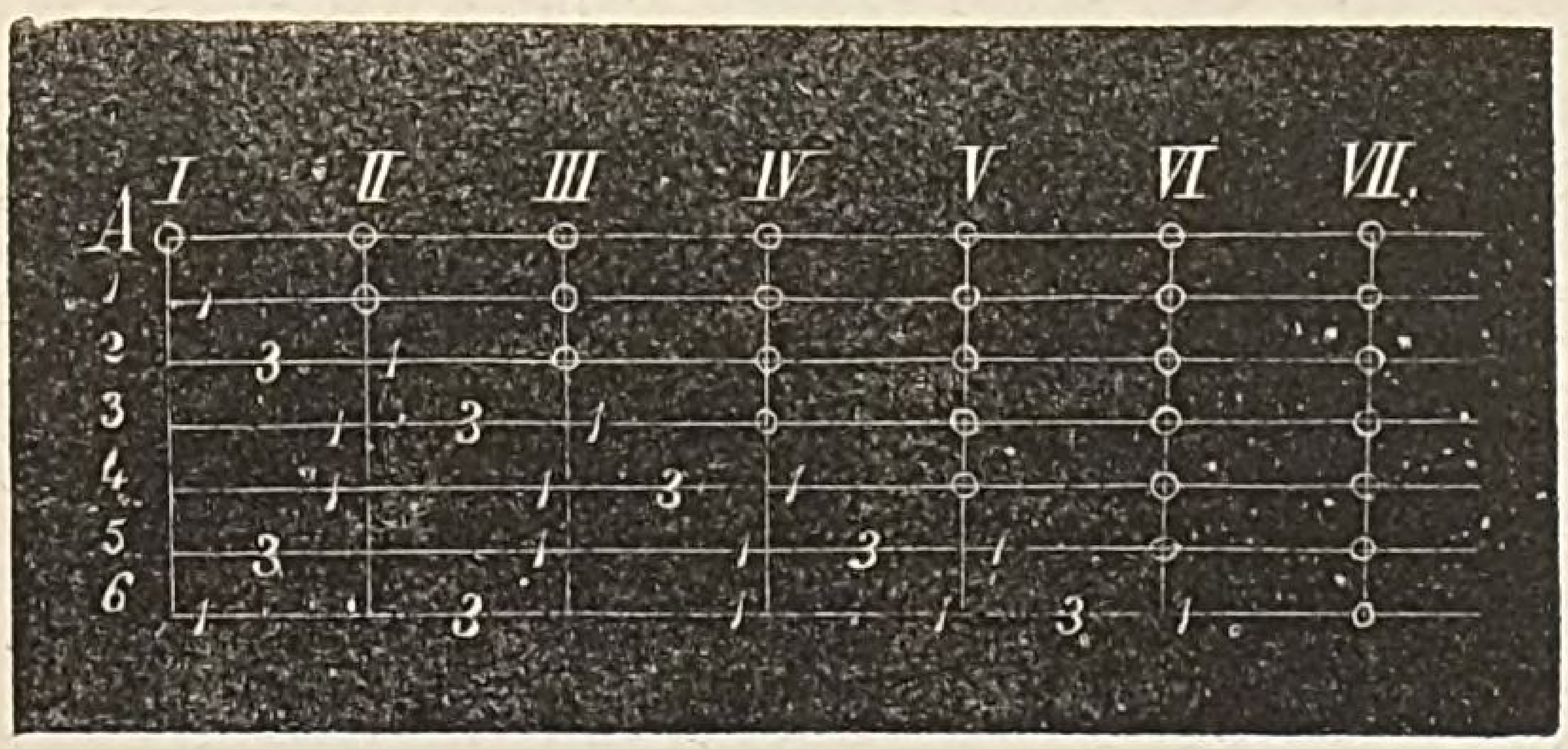


Fig. 53.

Moment 1: Erster Stoss vorwärts (Fig. 53, horizontale Linie 1.), Theilchen I ist in der ersten Phase der Vorwärtsbewegung mit der relativen Geschwindigkeit 1; alle übrigen Theilchen sind noch ruhig. (Die Geschwindigkeiten sind in der Figur durch Zahlen ausgedrückt.) Moment 2 (Linie 2). Zweiter stärkerer Stoss. Theilchen I erhält in dieser, seiner zweiten Phase, die (Maximal-) Geschwindigkeit 3; Theilchen II kommt, mit Geschwindigkeit 1, in seine erste Phase; Theilchen III u. s. w. sind noch ruhig. Moment 3: dritter, aber schwächerer Stoss, von der Stärke des ersten. I in seiner dritten Phase hat die Geschwindigkeit 1, II die Maximalgeschwindigkeit 3, III die Geschwindigkeit 1 der ersten Phase, IV u. s. w. sind noch ruhig. Im Moment 3 sind also die Theilchen (Luftschichten) I, II und III verdichtet, d. h. in der

sog. positiven Phase, das Dichtigkeitsmaximum ist in dem, am weitesten aus seiner Ruhelage vorwärtsgerückten Theilchen I, das Geschwindigkeitsmaximum aber in II.

Der Stoss soll bewirkt worden sein etwa durch schnelles Vorwärtsbewegen eines Kolbens gegen eine, in einer Röhre eingeschlossene Luftsäule. Vom vierten Moment an soll der Kolben wieder zurückgehen und zwar ebenfalls mit anfangs wachsender, dann abnehmender Geschwindigkeit; am Ende des Rückganges stehe der Kolben an seinem früheren Ort. Moment 4 (Horizontallinie 4): Erste negative Phase, d. h. Rückwärtsbewegung von Theilchen I mit Geschwindigkeit 1; letzte positive Phase von II; zweite positive Phase (Maximalgeschwindigkeit vorwärts) von III; erste positive Phase von IV Moment 6 (Linie 6): letzte negative Phase von I, Maximum der Rückwärtsbewegung von II, erste negative Phase von III. Die Schichten III—I sind in Verdünnung begriffen; IV, V und VI sind der Reihe nach in der dritten, zweiten und ersten positiven Phase; VII ist noch ruhig. Die Bewegung hat sich also, während Theilchen I einen Hin- und Hergang (ganze Schwingung) vollbrachte, fortgepflanzt durch die Strecke I bis VI; diese Strecke stellt demnach die Wellenlänge dar. Verbleibt es bei einem einzigen Stoss, so verharren die Theilchen, nachdem jedes eine Schwingung vollendet hat, ruhig, während der Reihe nach immer entferntere Schichten an der Bewegung Theil nehmen; daher die Bezeichnung: fortschreitende Schwingung (eigentliche Wellenbewegung).

313. Verdichtungs- und Beugungswellen.

I. Bei den soeben betrachteten Schallschwingungen der Luft finden kleine Näherungen und Entfernungen der Massentheilchen, also Verdichtungen und Verdünnungen des schwingenden Körpers statt; daher der Name: Verdichtungs- und Verdünnungswellen. Solche können auch in festen Körpern vorkommen, vorausgesetzt dass dieselben die gehörige Elasticität haben. Die schwingenden Theilchen bewegen sich in der Richtung, in welcher die Welle im schwingenden Medium fortgepflanzt wird, daher auch die von Chladni gebrauchte Bezeichnung Längswellen (Längsschwingungen).

II. Bei den Bewegungswellen verschieben sich bloss die Theilchen, während ihre gegenseitigen Abstände gleich bleiben. Die Dichtigkeit des schwingenden Mediums wird also nicht verändert und der Stoss bewirkt, wenn er sich fortpflanzt, bloss eine Ausbeugung des Körpers. Das anschaulichste Schema dieser Wellen ist folgendes: ein unausdehnbarer aber leicht biegsamer Faden sei mit dem einen Ende befestigt, mit dem andern aber über eine Rolle gespannt. Wird der Faden an irgend einer Stelle gestossen, so entsteht eine Ausbeugung; der Faden aber ist vollkommen unausdehnbar, also muss sich ein der Ausbeugung entsprechender Theil desselben über die Rolle heraufziehen. Die Ausbeugung schreitet aber weiter, d. h. der Faden nimmt successiv andere

Formen an; seine Theilchen schwingen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung der Wellen; daher der Name Transversalwellen.

III. Sehr häufig bestehen die Tonschwingungen fester Körper in Verdichtungs- und Beugungswellen zugleich: der schwingende Körper ändert seine Form und seine Massentheilchen ihre proportionalen Abstände.

314. Graphische Versinnlichung der Tonschwingungen.

Man stellt die Phasen der Bewegung, welche ein Theilchen während einer Schwingung der Reihe nach durchmacht, in folgender Weise dar. Die Kreislinie, Fig. 54, entspricht der Zeitdauer einer ganzen Schwingung, 1 Grad beträgt also $\frac{1}{360}$ der Schwingungszeit. Quadrant I, als erstes Viertel der Schwingungszeit, stellt die Phase successiv wachsender, II die Phase successiv abnehmender Vorwärtsbewegung dar; III die Phase wachsender, IV diejenige abnehmender Rückwärtsbewegung. Die von einem beliebigen Punkt der Kreislinie auf die Horizontale 4—2 errichtete Senkrechte drückt die relative Geschwindigkeit aus in dem entsprechenden Augenblick der Schwingung, also die Senkrechten über der Horizontalen die Vorwärtsgeschwindigkeiten, die Senkrechten unter der Horizontalen die Rückwärtsgeschwindigkeiten. In 4 ist die Geschwindigkeit Null; in 1 (1/4 der ganzen Schwingungszeit) im Maximum vorwärts; in 2 Null, in 3 im Maximum rückwärts; nach vollendetem erstem Achtel der Schwingungszeit ist die Geschwindigkeit ausgedrückt durch die Senkrechte *a*.

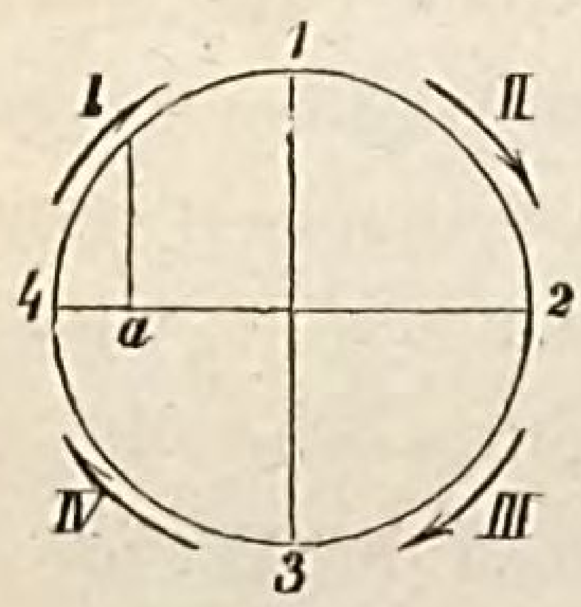


Fig. 54.

Für andere Zwecke drückt man die Dauer einer Schwingung aus durch eine Horizontale *a c* (Fig. 55), theilt diese in eine Anzahl gleicher Theile, und überträgt die Geschwindigkeiten aus Fig. 54 senkrecht auf *a c*. Man erhält dann eine Curve, welche wiederum für jedes Zeitmoment der Schwingung Richtung und Stärke der Bewegung des schwingenden Lufttheilchens, mit andern Worten, den Grad der Verdichtung oder Verdünnung angibt. Die Curve über *a c* stellt die positive, die unter *a c* die negative Phase einer ganzen Schwingung dar.

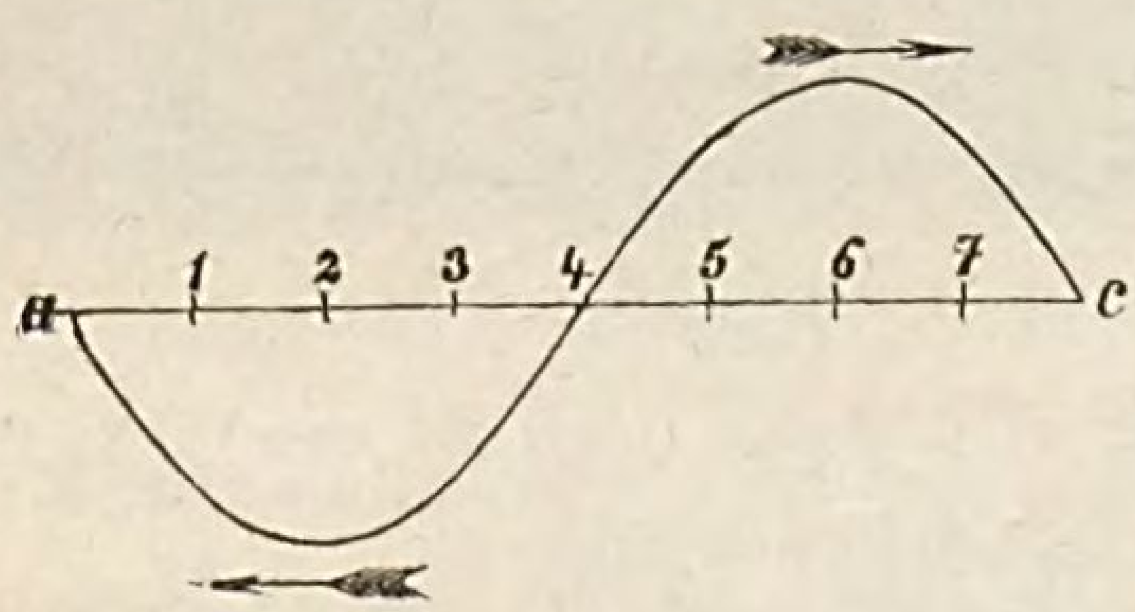


Fig. 55.

Bezeichnet dagegen *a c* die Wellenlänge, also eine Raumgrösse, so dient Fig. 55 zur Darstellung des Bewegungszustandes der einzelnen Molekeln, welche an der Bildung einer Welle theilnehmen. Der Berg 4—*c* stellt den positiven, das Thal 4—*a* den negativen Theil der Welle dar.

315. Stehende Schwingung.

Bei der fortschreitenden Schwingung wird den Theilchen die Bewegung nur von einer Seite, von wo aus die Wellen herkommen, mitgetheilt; anders verhält es sich bei der zweiten Hauptform von Schwingungen der stehenden Schwingung.

Erste Art: Wird z. B. eine Saite aus ihrer Ruhelage *a a*, Fig. 56, in die Lage *b* gebracht und dann losgelassen, so bewegt sie sich der Gleichgewichtslage zu, erreicht in letzterer angekommen das Maximum der Geschwindigkeit und schwingt dann mit abnehmender Schnelligkeit weiter, um von der Lage *c* an, wo ihre Bewegung Null wird, wieder nach *b* zurückzugehen u. s. w. Diese Bewegungen bieten die Grundcharaktere der stehenden Schwingung, nämlich: 1) die Schwingungen kehren regelmässig wieder und 2) alle Theilchen haben gleichzeitig ein gleichgrosses Bestreben, sich ihrer Ruhelage abwechselnd zu nähern und aus derselben zu entfernen. Dagegen sind, zum Unterschied von anderen stehenden Schwingungen, 1) alle Theilchen 1, 2, 3 u. s. w. gleichzeitig entweder auf der einen, oder auf der andern Seite der Gleichgewichtslage, 2) sie kommen gleichzeitig in Schwingung und erreichen 3) gleichzeitig das Maximum ihrer Geschwindigkeit u. s. w., überhaupt alle Theilchen der Masse befinden sich zu jeder Zeit einer Schwingung in derselben Schwingungsphase.

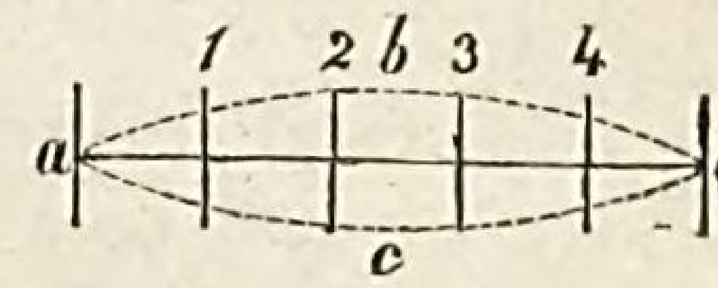


Fig. 56.

Zweite Art: Diese stehenden Schwingungen entstehen dadurch, dass die Wellen, an der Grenze des Mediums angelangt, zurückgeworfen werden, während das Medium immer wieder von neuen, direkt erregten Wellen durchzogen wird.

Eine eingeschlossene Luftsäule werde an dem einen Ende in Schwingungen versetzt, z. B. durch schnelle Bewegungen eines Kolbens von *a* aus, Fig. 57, in der Richtung gegen *W* und wieder zurück. Am Ende der ersten Kolbenbewegung (also eines verdichtenden und verdünnenden Stosses) sei die Wirkung fortgepflanzt durch Raum 1—4, der somit die Wellenlänge darstellt; der Vordertheil der Welle ist positiv: die Theilchen bewegen sich gegen *W*, der Hintertheil negativ: die Theilchen bewegen sich gegen *a*. Im Raum 5 u. s. w. ist noch Ruhe (s. Fig. 57 *A*). Sogleich nach Beendigung des ersten Stosses folge ein genau gleicher zweiter. Am Ende des zweiten Stosses nimmt, s. *B*, Fig. 57, die während dieses Stosses gebildete Welle 2 den Raum 1—4 ein; die Welle 1 müsste also in den Raum 5—8 vorgerückt sein. Es sei aber bei *W* als Hinderniss eine reflectirende Wand; sodass die ganze Luftsäule in unserem Beispiel eine Länge von 7 Vierteln einer Wellenlänge hat. Die Welle 1 langt demnach, s. C, mit ihrem Vordertheil am Ende des 3. Viertels der zweiten Kolbenbewegung an der Wand an und von nun an beginnt ihre Reflexion. Während des letzten Viertels des zweiten Stosses kreuzt sich somit im Raum 7 bereits

die Hinterhälfte des Wellenberges mit der reflectirten Vorderhälfte desselben Wellenberges; am Ende des 3. Viertels der dritten Kolbenbewegung ist Welle 1 vollständig reflectirt und nimmt den Raum 4—7 ein, woselbst sie sich mit der direkten Welle 2 kreuzt u. s. w. Beide in entgegengesetzten Richtungen fortschreitende Wellensysteme gehen fortwährend durch einander, ohne sich zu stören. Diese beständige Kreuzung der reflectirten und der direkt erregten Wellen bewirkt aber eine resultirende Schwingungsform, nämlich eine Verwandlung der fortschreitenden Schwingung in eine stehende.

Wir erörtern nunmehr den Verlauf einer stehenden Schwingung; dabei handelt es sich vorzugsweis um 1) die wechselnden Bewegungsrichtungen und Geschwindigkeiten und 2) die wechselnden Dichtigkeitsänderungen der Theilchen an jeder beliebigen Stelle des schwingenden Mediums und in jedem beliebigen Zeitmoment einer Schwingung.

Bei der Construktion der zurückgeworfenen Wellen ist festzuhalten, dass die Theilchen nach der Zurückwerfung eine Richtung haben entgegengesetzt der Richtung vor ihrem Anprallen auf die Wand *W*; die Berge (Vorwärtsbewegungen) werden demnach Thäler (Rückwärtsbewegungen) und umgekehrt; das erste Drittel eines Berges wird durch die Reflexion letztes Drittel eines Thales u. s. w.

In Fig. 57 sind die direkten Wellen ausgezeichnet, die reflectirten punktirt dargestellt. Auch ist zur Verdeutlichung der Einzelphasen der Bewegung von der der Wand *W* jeweils zunächst liegenden Welle das bereits reflectirte Wellenstück hinter der Wand als fortschreitende Welle in den Räumen 8—10 angegeben.

316. Bewegungsänderungen im Verlauf einer stehenden Schwingung.

Die Wendepunkte einer stehenden Schwingung (einfacher Art) sind Anfang, vollendetes erstes, zweites und drittes Viertel einer Schwingungsdauer.

I. Der Bewegungszustand am Ende je eines Stosses ist in *D* dargestellt. Die während des so eben beendeten *n*ten Stosses erregte neue Welle *n* nimmt den Raum *1—4* ein; von der vom vorletzten Stoss gebildeten Welle *n—1* ist bereits die Vorderhälfte des Berges zurückgeworfen (die ohne die Wand *W* in den Raum *8* vorgeschritten wäre). Das als Hinterhälfte eines Thales reflectirte Wellenstück *n—1* kreuzt sich in Raum *7* mit dem Hintertheil des Wellenberges *n—1*; beide Bewegungen als entgegengesetzte heben sich auf, im Raum *7* ist Ruhe. In *6* und *7* kreuzt sich das direkte Wellenthal *n—1* mit dem Berg der bereits vollständig reflectirten Welle *n—2* u. s. w., mit einem Wort: es legen sich die Berge der direkten Wellen genau über die Thäler der reflectirten und umgekehrt. Die Bewegung hört also in diesem Augenblick auf in der ganzen Luftsäule.

II. Nach Vollendung des ersten Viertels jeweils eines Stosses sind die direkten Wellen wieder um $^1/_4$ einer Wellenlänge vorwärts, die reflectirten um ebensoviel rückwärts geschritten.

Den nunmehrigen Bewegungszustand stellt *E* dar. Wellenberg *n—1* ist soeben vollständig reflectirt; er legt sich in *6* und *7* als ganzes Thal über das noch nicht reflectirte Thal derselben Welle. Die Theilchen bewegen sich also

nicht bloss in derselben Richtung (sie entfernen sich von der Wand *W*), sondern es haben auch jeweils die übereinander liegenden Punkte beider Wellenthäler dieselben Geschwindigkeiten; die Geschwindigkeiten addiren sich zu doppelten Rückwärtsgeschwindigkeiten. Dasselbe ist in Raum *2* und *3* der Fall, wo das direkte Thal *n* mit dem reflectirten *n*—*2* sich kreuzt. Dagegen kommen in *4* und *5* zwei ganze Berge und in *1* die Vorderhälften zweier Berge zur Deckung; daher hat man als Resultirende doppelt so hohe Berge, d. h. doppelte Vorwärtsgeschwindigkeiten. Die direkten wie die reflektirten Wellen legen sich also mit gleichnamigen Theilen übereinander. Die resultirende Schwingungsform ist in *E'* dargestellt.

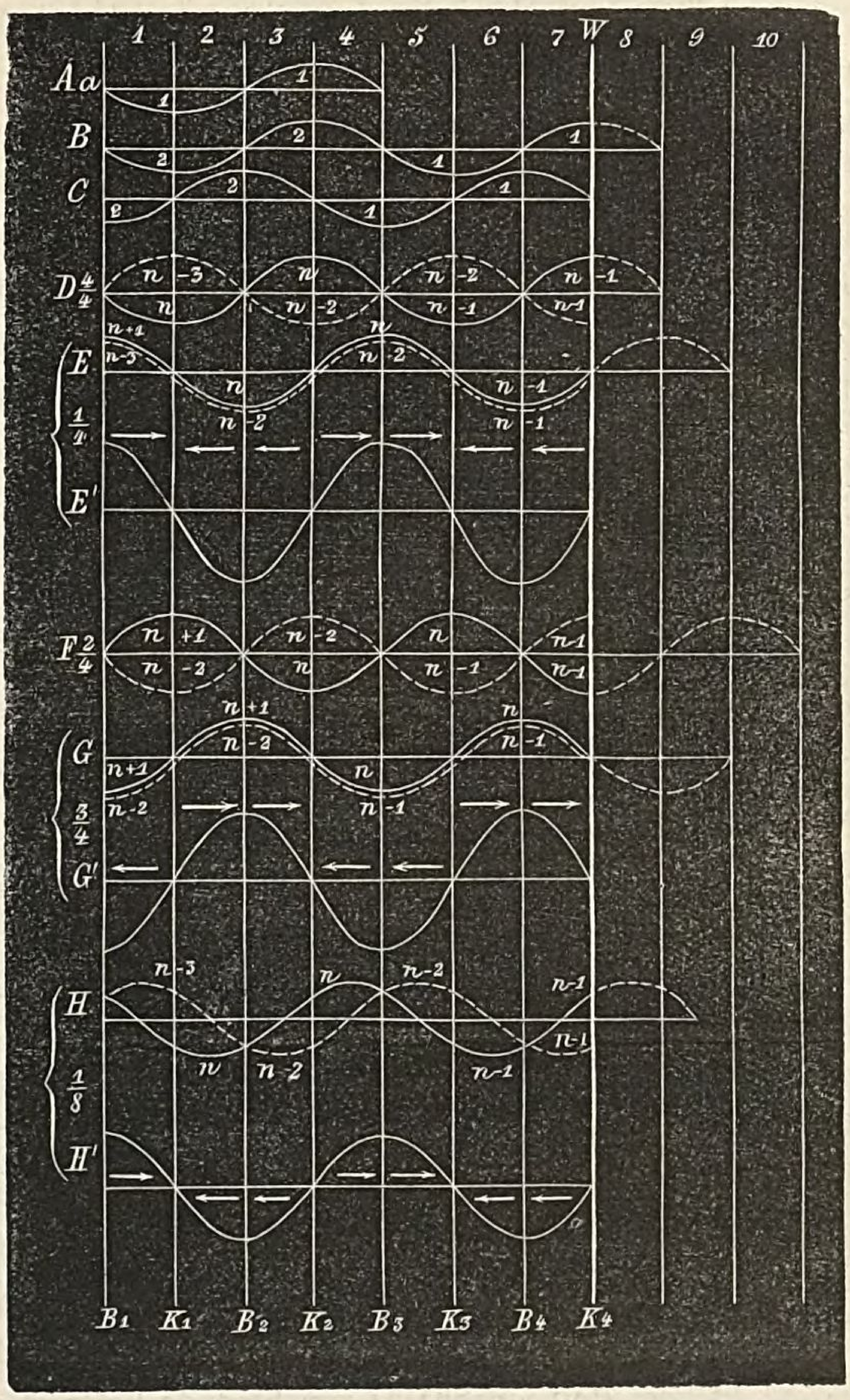


Fig. 57.

III. Am Ende der ersten Hälfte je eines Stosses, s. *F*, nimmt der neue Wellenberg *n* + *1* den Raum *1* und *2* ein, die Welle *n* ist im Raum *3*—*6*, von Welle *n*—*1* sind in *5*—*7* bereits 3 Viertheile reflektirt u. s. w. Es legen sich also wiederum die Berge der direkten Wellen genau über die Thäler der reflektirten und umgekehrt; die Bewegung hört in diesem Moment wiederum auf und zwar in der ganzen Luftsäule. Wir haben also in *F* ein Analogon von *D*, nur mit dem Unterschied, dass die Wellenzüge um $^1/_2$ Wellenlänge weiter geschritten sind, sodass z. B. der reflektirte Berg *n*—*2* denselben Raum (*3* und *4*) einnimmt, welchen vor $^1/_2$ Schwingung das reflektirte Thal *n*—*2* einnahm.

IV. Nach Ablauf von drei Vierteln eines Stosses legen sich, wie *G* zeigt, beide Wellensysteme wiederum genau mit ihren gleichnamigen Theilen übereinander, aber mit dem Unterschied von *E*, dass die sich deckenden Berge

in die Räume fallen, wo vor $^1/_2$ Schwingungszeit die Thäler zur Superposition kamen und umgekehrt, wie die Vergleichung der jetzigen resultirenden Schwingungsform *G'* mit *E'* ergibt.

V. Es reicht hin, wenn in *H* bloss noch irgend ein Zeitmoment ausser diesen 4 Wendepunkten hervorgehoben wird; z. B. das vollendete erste Achtel eines Stosses. Es sind nunmehr drei Viertel des Berges *n—1* zurückgeworfen, während die neue Welle mit einem Viertel ihres Berges in den Raum 1 eintritt u. s. w. Die Resultirende ist in *H'* verzeichnet; dieser Zeitpunkt liegt also zwischen dem *D* (Anfang) und *E* (Ende des ersten Viertels eines Stosses), die Curven sind nicht so hoch, d. h. die Theilchen haben geringere Geschwindigkeiten als in *E'*.

317. Knoten und Bäuche der stehenden Schwingungen.

Figur 57 zeigt, dass es in den, in stehenden Tonschwingungen (der zweiten Art) begriffenen Medien bestimmte Stellen: die sog. Schwingungsknoten gibt, wo die Kreuzung der direkten und reflektirten Wellen so erfolgt, dass die Theilchen daselbst beständig ruhig bleiben. Knoten kommen vor 1) in der, die reflektirende Wand *W* unmittelbar begrenzenden Schicht, woselbst die Lufttheilchen unmöglich Vor- und Rückwärtsbewegungen ausführen können, und 2) in allen Schichten, die um $^1/_2$, 1, $1^1/_2$ u. s. w. Wellenlängen von der Wand entfernt liegen (die mit K_1, K_2 u. s. w. bezeichneten, der Wand parallelen, Linien). Die Knoten stehen also unter sich um je $^1/_2$ Wellenlänge ab.

Jedes ausserhalb der Knoten liegende Theilchen nimmt dagegen an der stehenden Schwingung in der Art Antheil, dass es sich bewegt und zwar während einer Schwingung einmal vorwärts und zurück. Verfolgen wir z. B. für irgend ein Lufttheilchen des Raumes 1, resp. 5, eine solche Schwingung, so haben wir der Reihe nach: 1) zunehmende Vorwärtsgeschwindigkeit *H'*, 2) Maximum der Vorwärtsgeschwindigkeit *E'*, 3) abnehmende Vorwärtsgeschwindigkeit, 4) Ruhe (*F*), 5) zunehmende Rückwärtsgeschwindigkeit, 6) Maximum derselben (*G'*), 7) abnehmende Rückwärtsgeschwindigkeit, 8) Ruhe (*D*). Am stärksten sind diese Bewegungen genau in der Mitte zwischen zwei Knoten, also in Abständen von $^1/_4$, $^3/_4$, $^5/_4$ u. s. w. Wellenlängen von der reflektirenden Wand. Diese Stellen, mit B_1, B_2 u. s. w. bezeichnet, heissen Bäuche. Bei B_4 wirkt die stossende Kraft, dort befindet sich demnach ebenfalls ein Bauch. Die Bewegung der Theilchen nimmt von einem Bauch gegen die nächsten Knoten beiderseits, successiv ab, wie die Höhen der Curven in *E'*, *C'*, *H'* zeigen; jeder Knoten trennt also zwei (je $^1/_2$ Wellenlänge lange) Schichten des Mediums, deren Theilchen sich nach entgegengesetzten Richtungen bewegen.

318. Dichtigkeitsänderungen im Verlauf einer stehenden Schwingung.

Die Knoten Fig. 57 trennen beständig je zwei (je $^1/_2$ Wellenlänge lange) Schichten des Mediums, deren Theilchen in entgegengesetzten Bewegungen

begriffen sind. Die Pfeile, deren Spitzen die Richtungen der sich bewegenden Luftschichten andeuten, können das Folgende noch anschaulicher machen. Bewegen sich die Theilchen, beiderseits einem Knoten zu, z. B. in *E* gegen Knoten K_3 an der Grenze von *4* und *5*, so wird die Luft um K_3 zunehmend verdichtet und das Maximum der Verdichtung ist vorhanden, wenn die symmetrischen Theilchen zu beiden Seiten des Knoten sich einander am meisten genähert haben. Während in *E* die Theilchen in den Räumen *4* und *5* einerseits, sowie *6* und *7* andererseits sich gegen den Knoten K_3 bewegen, entfernen sie sich zugleich von den Knoten K_2 und K_4; durch diese Entfernungen wird die Luft um die Knoten verdünnt;

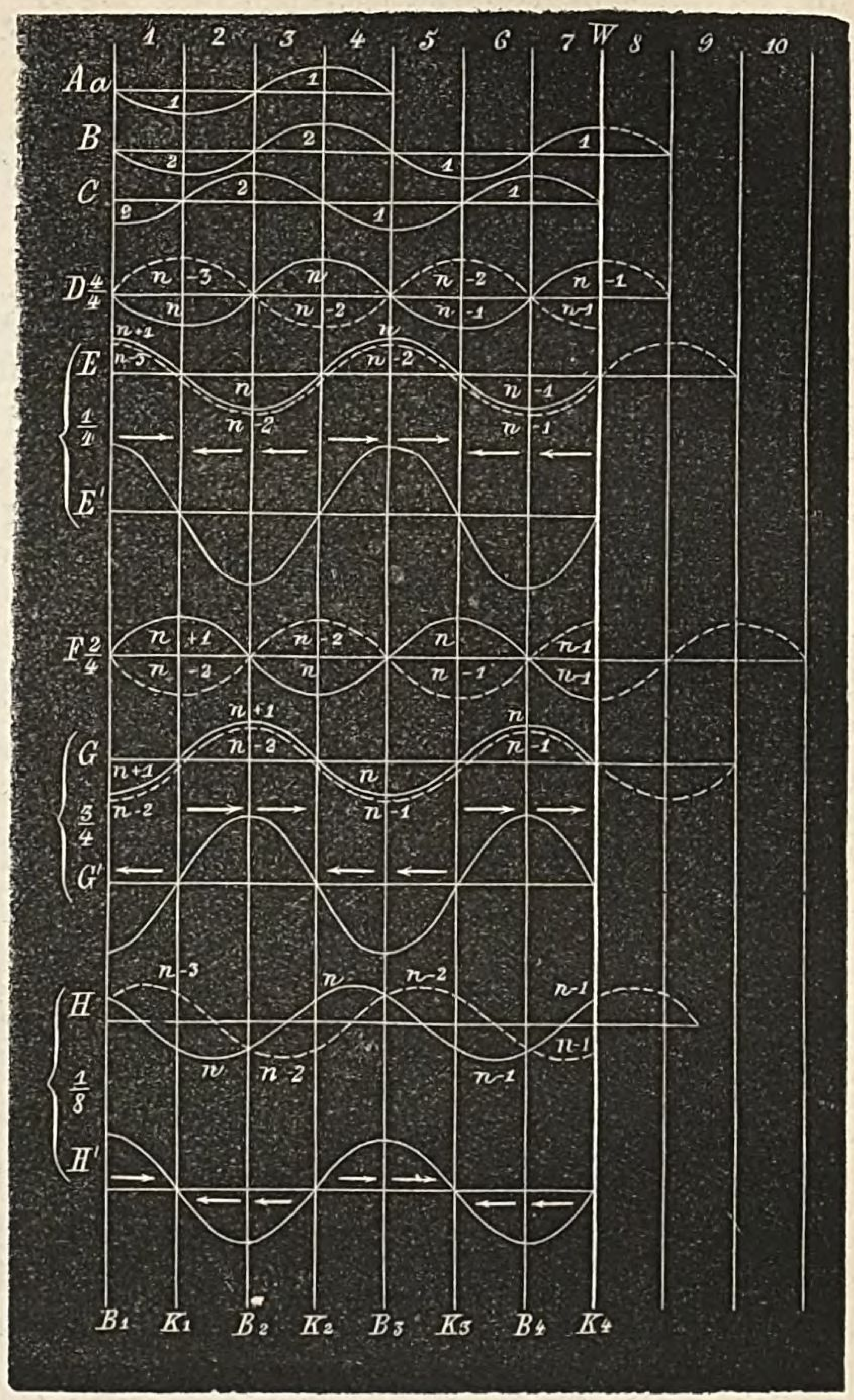


Fig. 57.

für die Verdünnungszunahmen kehren dieselben Normen wieder wie für die Verdichtungszunahmen. Aus dem so eben Gesagten geht hervor, dass je 2 benachbarte Bäuche eine ($^1/_2$ Wellenlänge lange) Luftschicht einschliessen, in welcher die Theilchen entweder 1) einander entgegengehen, also sich verdichten, oder 2) sich von einander entfernen, also sich verdünnen. Aus diesen Wechselzuständen folgt unmittelbar, dass an den Bäuchen selbst keine Dichtigkeitsänderungen möglich sind, die Excursionen finden hier den geringsten Widerstand, die Theilchen sind desshalb hier in stärkster Hin- und Herbewegung begriffen. Dagegen nehmen rechts und links von einem Bauch die Dichtigkeitsänderungen im Verlauf einer Schwingung immer mehr zu, um im Knoten das Maximum zu erreichen.

Jedes, ausserhalb der Bäuche gelegene Theilchen wird im Verlauf einer Schwingung einmal verdichtet und einmal verdünnt, wie folgende Ueberlegung zeigt. Unmittelbar nach Moment *D* beginnen die Theilchen z. B. im Raum *1*

ihre Vorwärtsbewegung, die Theilchen in *2* ihre Rückwärtsbewegung gegen den Knoten *K'*, sodass die Luft in *K'* zunehmend stärker verdichtet wird. Diese entgegengesetzten Bewegungen beider Luftschichten gehen durch die Stadien *H'* und *E'*, und in *F'*, nach ½ Schwingungszeit, haben sich die rechts und links vom Knoten *K'* symmetrisch gelagerten Theilchen einander am meisten genähert, der Knoten ist also im Maximum der Verdichtung. Von nun an entfernen sich während der zweiten Hälfte der Schwingungszeit die Theilchen beiderseits vom Knoten und gehen durch den Zustand *G'* in *D* über, woselbst die zu beiden Seiten des Knotens *K'* symmetrisch gelagerten Theilchen von dem Knoten sich am Meisten entfernt haben; der Knoten ist nunmehr im Maximum der Verdichtung. Je 2 benachbarte Knoten, oder allgemein, je 2 um ½ Wellenlänge abstehende ausserhalb der Bäuche befindliche Punkte des Mediums sind demnach gleichzeitig in entgegengesetzten Dichtigkeitszuständen begriffen. Auch sieht man leicht, dass die Dichtigkeitsänderungen, welche ein Theilchen durchmacht im Verlauf einer Schwingung, wegen der beständigen Kreuzung je zweier Wellensysteme das Doppelte betragen muss von der Dichtigkeitsänderung, die mit dem Durchgang bloss eines Wellensystems verbunden ist.

B. Haupteigenschaften der Gehörempfindungen.

319. Tonhöhe.

Dieselbe hängt von den Schwingungszahlen ausschliesslich ab. Die langsamsten Schwingungen, die noch einen Eindruck, freilich keine reine Tonempfindung mehr, hervorrufen, belaufen sich auf 16 in der Sekunde. Die Musik bezeichnet diesen »Ton« mit C_2 (oder $\underline{\underline{C}}$); sie theilt die Tonleiter in Oktaven, so zwar, dass die Schwingungszahlen der auf einander folgenden Oktavtöne sich verhalten wie 1, 2, 4, 8 u. s. w. Die Bezeichnungen der Oktaven, sowie die Schwingungszahl und Wellenlänge des Grundtones jeder Oktave gibt folgende Tabelle:

Name der Oktave.	Zeichen	Schwingungen in 1 Sekunde	Wellenlängen
	der Grundtöne der Oktaven.		
Erste Oktave	$\underline{\underline{C}}$ oder C_2	16	64 par. Fusse.
Contraoktave	$\underline{C}$ » C_1	32	32 »
Grosse Oktave	C » C	64	16 »
Kleine »	c » c	128	8 »
1 gestrichene »	$\bar{c}$ » c_1	256	4 »
2 gestrichene »	$\bar{\bar{c}}$ » c_2	512	2 »
3 gestrichene »	$\bar{\bar{\bar{c}}}$ » c_3	1024	1 »

Name der Oktave.	Zeichen	Schwingungen in 1 Sekunde der Grundtöne der Oktaven.	Wellenlängen der Grundtöne der Oktaven.
4 gestrichene Oktave	c'''' oder c_4	2048	6 Zolle.
5 gestrichene »	c''''' » c_5	4096	3 »
6 gestrichene »	c'''''' » c_6	8192	$1\frac{1}{2}$ »
		16384	9 Linien.
		32768	$4\frac{1}{2}$ »

Hohe und niedere Töne schreiten mit derselben Geschwindigkeit fort, in der Luft um 1024 par. Fuss in der Sekunde. Während einer Schwingung pflanzt sich der Ton fort um seine specielle Wellenlänge; also z. B. C in 1 Sekunde um 64, c in derselben Zeit um 128 seiner Wellenlängen. Demnach ist die Wellenlänge von C $\frac{1024}{64}$ = 16 Fusse.

Die musikalisch gut verwendbaren Töne liegen zwischen 40 und 4000 Schwingungen in der Sekunde, innerhalb 7 Oktaven; die überhaupt hörbaren aber zwischen 16 und etwa 24000 Schwingungen (11 Oktaven). Schwingungen unterhalb 40 kann das Ohr nur schwierig zu einem Ton verbinden; daher fehlt denselben ein deutlich musikalischer Charakter; sehr hohe Töne werden dem Ohr unangenehm, ja förmlich schmerzhaft. Ueberschreiten die Schwingungen eine obere Grenze, so ist das Ohr nicht mehr fähig, dieselben wahrzunehmen; es gibt also für uns »unhörbare Töne«. Diese Grenze variirt übrigens; manche Menschen hören die sehr hohen Töne zirpender Heuschrecken nicht.

Einzelne sollen Töne von einander unterscheiden können, deren Schwingungszahlen bloss um $\frac{1}{1200}$ differiren, ein musikalisches Gehör erkennt $\frac{1}{400}$ — $\frac{1}{500}$, die Mehrzahl der Menschen jedenfalls noch $\frac{1}{100}$ Differenz. Anhaltendes Hören eines Tones von gewisser Höhe stumpft uns gegen diesen ab, nicht aber gegen andere Tonhöhen (Dove).

Die Musik wendet keine feinen Unterschiede der Tonhöhen an; sie schaltet zwischen je 2 Oktavtöne 6 Haupt- und 5 Nebentöne ein. Die relativen Schwingungszahlen der Haupttöne sind:

c	d	e	f	g	a	b	c
24	27	30	32	36	40	45	48

Das Verhältniss der Schwingungszahlen (sog. Intervall) von einem Hauptton zum andern ist also nicht dasselbe.

320. Hülfsapparate zur Aufnahme der Tonschwingungen.

Man nahm früher an, dass eine und dieselbe Gehörnervenfaser für alle Tonhöhen empfänglich sei. Gewisse Erscheinungen der Farbenempfindung (§ 423) finden ihre einfachste Erklärung in der Fiction, dass bestimmte Retinafasern durch rothes, andere durch grünes u. s. w. Licht ausschliesslich erregbar seien. Dasselbe ist auch in unserem Sinnesgebiet der Fall und mehrfache, später zu erwähnende Thatsachen (namentlich § 326) erlauben, ja fordern geradezu die

Annahme, dass Tonschwingungen von verschiedener Geschwindigkeit von verschiedenen Theilen des Labyrinthes aufgenommen werden.

Der Hörnerv verbreitet sich in das Spiralblatt der Schnecke, in die Vorhofsäckchen und häutigen Bogengänge. Corti hat im häutigen Spiralblatt der Schnecke einen sehr zusammengesetzten Bau entdeckt, unter anderem zahlreiche Fasern, von denen man annimmt, dass sie bestimmt sind, die Schallschwingungen den Endigungen der Fasern des Schneckennerven zuzuführen. Von den Vorhofsäckchen der Haie und Rochen gehen nach M. Schultze eigenthümliche steife elastische Borsten aus, die geeignet erscheinen, die Tonschwingungen aus der Endolympha aufzunehmen und dieselben auf den Vorhofnerven überzutragen. Helmholtz vermuthet, dass die Corti'schen Fasern in verschiedenem Grade schwingungsfähig seien; ein Ton von bestimmter Höhe wird also nicht bloss diejenigen Corti'schen Fasern ganz besonders in Mitschwingung versetzen, deren Eigenschwingungen mit ihm völlig oder nahezu im Einklang sind, sondern er wird auch durch gewisse Nervenfasern ausschliesslich zur Empfindung gebracht werden.

Steigt man desshalb vom tiefsten bis zum höchsten Ton der musikalischen Scala auf, so werden jeweils bestimmte Nervenfasern vorzugsweis, andere wenig, noch andere gar nicht erregt. Diese Annahme genügt auch der Thatsache, dass unsere Empfindung vom tiefsten Ton aufwärts einer stetigen und nicht bloss sprungweisen Steigerung fähig ist.

Die Schwingungen der Corti'schen Fasern und die erzeugten Erregungen in den Nervenfasern müssen ausserdem schnellstens wieder ausklingen; ein kurz angeschlagener Ton verursacht demnach eine kurze Empfindung. Beim Trillern auf Instrumenten, deren Töne sogleich abbrechen, geben 8—10 Anschläge in der Sekunde, sodass jeder der beiden Töne 4—5mal erregt wird, noch sehr deutliche Einzelempfindungen. Erst bei tiefen Tönen, unterhalb *A* (106 Schwingungen in der Secunde) fangen die Trillertöne an sich zu vermischen.

321. Tonstärke.

Die Ton- (Schall-) Stärke nimmt zu mit der Excursionsweite der in tönenden Schwingungen befindlichen Theilchen; je nachdem man z. B. eine Saite, ehe man sie schwingen lässt, mehr oder weniger aus ihrer Gleichgewichtslage entfernt, gibt sie, bei sonst gleicher Tonhöhe, stärkere oder schwächere Töne. Die Tonstärke ist proportional dem Quadrat der Excursionsweite der vibrirenden Theilchen, bei 2, 3 . . . facher Excursionsweite ist demnach der Ton 4, 9 . . . mal stärker. Höhere Töne machen einen stärkeren Eindruck als tiefere.

Wir nehmen sehr schwache Schalle und Töne, gehörige Ruhe der Umgebung und Sammlung der Aufmerksamkeit vorausgesetzt, noch wahr. Renz und Wolff haben das Unterscheidungsvermögen für unmittelbar hintereinander gehörte Schalle von verschiedener Stärke untersucht. Verhielten sich die Stärken zweier Schalle wie 100 und 72, so wurde unter allen Umständen entschieden, welcher der stärkere war, während beim Verhältniss 100 : 92 die

Zahl der richtigen Urtheile die der falschen nur sehr wenig übertraf. — Bei der Vergleichung der Ton- und Schallstärken haben wir übrigens keine deutlichen Multipla der Empfindung (292).

Zur Erzeugung messbarer und veränderlicher Schallstärken benützten 1) Renz und Wolff dieselbe Schallquelle: eine Taschenuhr, welche schnell hinter einander in verschiedene Abstände vom Ohr gebracht wurde. Die Schallstärken verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Abstände der Schallquelle vom Ohr. 2) Itard wandte einen pendulirenden Hammer an, der aus beliebigen Elevationen gegen eine Platte von tönender oder bloss schallender Substanz anschlug. Bei 2facher, 3facher Elevation des Schallpendels verhalten sich die Schallstärken wie 4 : 9, vorausgesetzt, dass die Elevation nicht über 60° hinausgeht (Fechner).

322. Qualität des Tones.

Unter Qualität (Klang, Timbre, Farbe, Specifischem) der Töne versteht man die als solche meist nicht näher beschreibbaren, Jedem aber sogleich auffallenden, Empfindungen, welche durch (gleichhohe) Töne z. B. verschiedener musikalischer Instrumente in uns erregt werden. Die Ursache der qualitativen Unterschiede der Töne und Schalle ist wenigstens im Allgemeinen schon lange erkannt worden, ohne dass man aber im Stande war, die einzelnen Qualitäten selbst akustisch charakterisiren zu können. Da nämlich die Höhe und Stärke der Töne nur auf die Häufigkeit und Amplitude der Schwingungen bezogen werden konnte, so blieb für die Theorie nur noch eine dritte Grundeigenschaft übrig, nämlich die Geschwindigkeit, mit welcher die vibrirenden Theilchen das Maximum erreichen, mit andern Worten: die Art des Anschwellens und Abschwellens der einzelnen Stösse (Euler). Die graphische Darstellung in 314 nahm an, das Maximum der Vorwärtsbewegung sei erreicht nach $^1/_4$, das Maximum der Rückwärtsbewegung nach $^3/_4$ der Schwingungszeit. Es sind aber unendlich viele Abweichungen von dieser Oscillationsweise möglich; die Maxima können früher erreicht werden, z. B. nach $^1/_8$, resp. $^5/_8$ der Schwingungszeit. Eine solche Tonwelle erhält dann eine andere Form. Desshalb schrieb man dem Ohr die Fähigkeit zu, ausser der Länge und Höhe auch noch die Formen der Tonwellen zu erkennen; d. h. die Art und Weise, wie die Phasen einer Schwingung durchlaufen werden, solle die Qualität der Hörempfindungen bedingen. Diese Auffassung ist nicht, oder doch nur unter beschränkten Voraussetzungen richtig; es kann übrigens erst in 325 die objective Ursache der Timbres erörtert werden.

Die Wissenschaft ist erst am Anfang einer specielleren Kenntniss der Einzelklänge; die betreffenden Thatsachen sind aber schon jetzt von Wichtigkeit für die Physiologie des Hörens, der Stimme und Sprache.

323. Selbstregistrirung der Tonschwingungen.

Duhamel hat zuerst die Schwingungen eines tönenden festen Körpers durch diesen selbst auf einen rotirenden Cylinder verzeichnen lassen. Ein in der König'schen akustischen Werkstätte zu Paris neuerdings verfertigter Ap-

parat dient zur bildlichen Fixation auch von Schallwellen der Luft. Derselbe besteht aus einer über einen Ring gespannten Membran von Goldschlägerhaut von 3 Zoll Durchmesser. Eine (dem Handgriff des Hammers des Trommelfells entsprechende) Vorrichtung erlaubt Abänderungen der Spannung der Membran, auf welche, in einigem Abstand von ihrer Mitte, ein leichter schwingungsfähiger Griffel befestigt ist, dessen Spitze ein feines Vogelfederchen trägt. Die Membran kommt durch Töne, die in ihrer Nähe erregt werden, leicht in Schwingungen; der Griffel geräth jedoch bloss mit der Spitze des Federchens, in Transversalschwingungen und verzeichnet dieselben auf eine horizontal liegende, berusste Kymographiontrommel, die mit sehr grosser Geschwindigkeit schraubenförmig an dem Federchen vorbeibewegt wird. Die Trommel wird mit der Hand gedreht; zur Bestimmung der Geschwindigkeit in jedem Augenblick der Drehung lässt man zugleich die Vibrationen einer genau abgestimmten Stimmgabel aufzeichnen. In Fig. 58 gibt die oberste Reihe einige Schwingungen einer 256mal in der Secunde vibrirenden Stimmgabel; die 2. Reihe: Tonwellen einer Orgelpfeife; die 3. die Schwingungsform der Membran unter dem Einfluss zweier, im Oktavverhältniss stehender Orgelpfeifen; die letzte Reihe: ein Beispiel von Tonwellen der menschlichen Stimme.

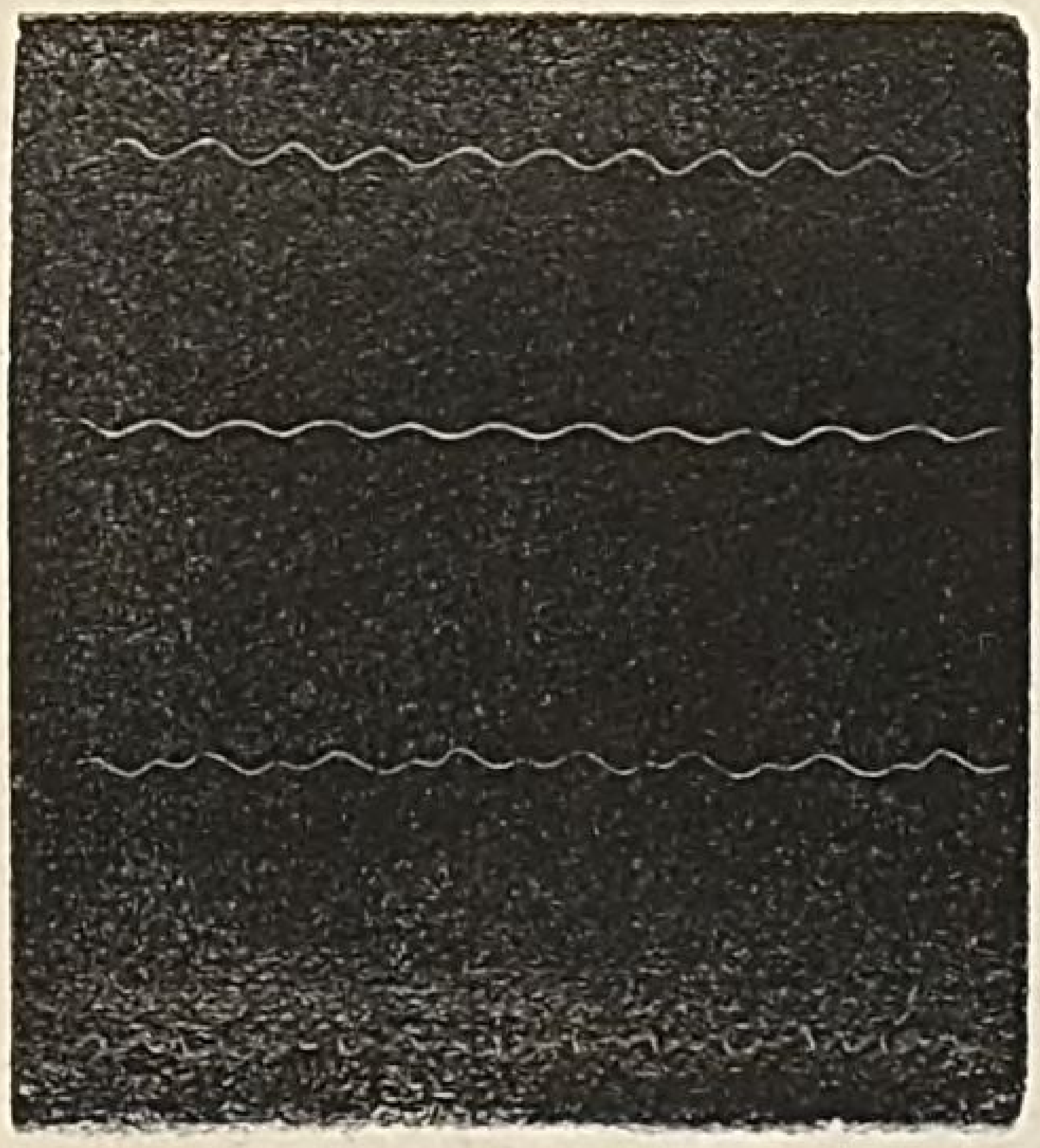


Fig. 58.

324. Elementare und zusammengesetzte Tonschwingung.

I) Die einfachste Tonschwingung ist die sogenannte pendelartige; sie erfolgt wie bei einem, aus seiner vertikalen Gleichgewichtslage gebrachten und sich dann selbst überlassenen Pendel. Die Art und Weise, wie hier die 4 Phasen (zu- und abnehmende Geschwindigkeit nach Vorwärts, zu- und abnehmende Geschwindigkeit nach Rückwärts) zeitlich auf einander folgen, ist in 314 dargestellt. Das schwingende Theilchen gehorcht dem einfachsten Periodicitätsgesetz. Diese Töne nannte G. S. Ohm einfache Töne. Man erzeugt sie nach Helmholtz am Besten, wenn man eine schwingende Stimmgabel vor die Oeffnung einer passenden Resonanzröhre hält, d. h. einer solchen, deren tiefster Ton im Einklang ist mit dem Ton der Stimmgabel.

Diese elementaren Schwingungen sind dadurch charakterisirt, dass die Kraft, mit der die Rückschwingung geschieht, proportional ist dem Abstand von der Gleichgewichtslage. Diess ist bekanntlich beim Pendel der Fall; desshalb erreicht das losgelassene Pendel die Gleichgewichtslage in derselben Zeit, es mag vorher wenig oder mehr aus der Gleichgewichtslage entfernt worden sein. Man drückt diese Beziehungen auch mit den Worten aus: die Dauer kleiner Schwingungen eines Pendels ist von den Schwingungsamplitüden unabhängig.

II) Die Tonschwingungen können übrigens, wie schon Fig. 58 andeutet,

irgend welchem andern Periodicitätsgesetz als dem der Pendelschwingungen, gehorchen; die betreffenden Perioden sind dann allemal weniger einfach. Die mathematische Theorie zeigt, dass alle diese Tonschwingungen (überhaupt alle periodischen Bewegungen, nach Fourier) angesehen werden können als zusammengesetzt aus einer Summe von Einzelgliedern, deren jedes einer einfachen pendelartigen Tonschwingung entspricht. Alle Töne, die nicht streng nach dem Periodicitätsgesetz der Pendelschwingung entstehen, sind demnach zusammengesetzte. Dieses ergibt sich, wenn aus einfachen Pendelschwingungen von verschiedener Geschwindigkeit und Stärke die resultirende Schwingungsform nach 314 zusammengesetzt wird.

In Fig. 59 bedeuten die Curven *a* und *b* die Schwingungsphasen zweier einfachen Töne, die gleich stark sind, aber um eine Oktave von einander abstehen. In der Zeit *a—a* macht also Ton *b* zwei Schwingungen, *a* bloss eine einzige; die resultirende Schwingungsform s. in *c*.

Man sieht hieraus, dass sich aus elementaren Tonschwingungen eine unendliche Mannigfaltigkeit resultirender Schwingungsformen zusammensetzen lässt und dass die dadurch entstehenden complicirten Oscillationsperioden abhängen von der Zahl, Grösse und Dauer der elementaren Schwingungen.

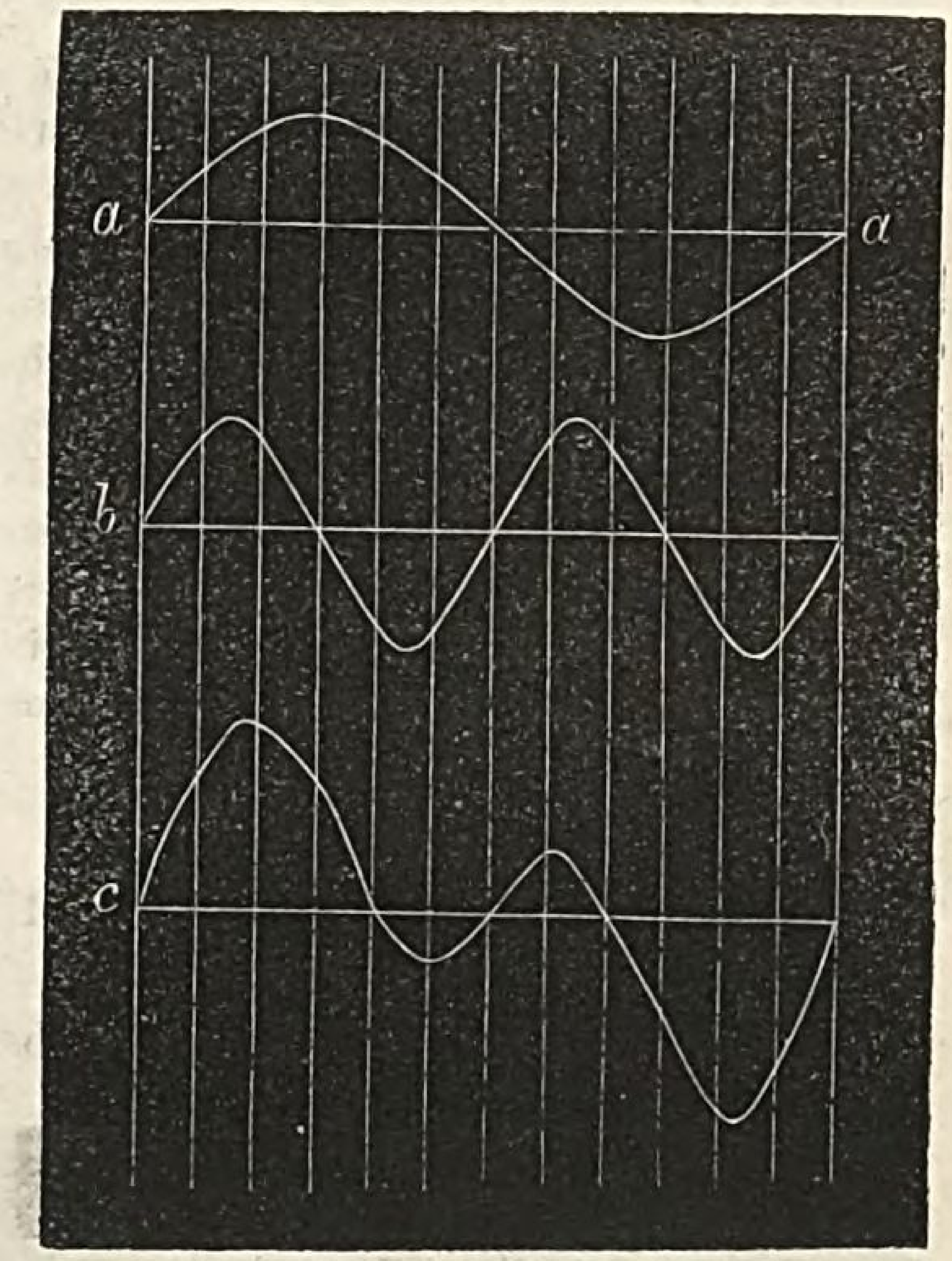


Fig. 59.

325. Einfache Töne und Klänge.

Bei den einfachen periodischen Pendelschwingungen hören wir nur einen einzigen Ton, der natürlich nach Stärke und Höhe vielfach wechseln kann. Die zusammengesetzten periodischen Schwingungen veranlassen in uns ebenfalls jeweils nur eine ganze Tonempfindung, aber mit anderen Charakteren (Timbren); zum Unterschied von den ersteren, den Tönen im engeren Sinn, heisst man dieselben Klänge; für welche wir ein grosses Unterscheidungsvermögen besitzen. Der Empfindungsvorgang selbst, der Empfindende mag sich darüber klar werden oder nicht, besteht in einer Zerlegung des Klanges in seine einfachen Töne. Man unterscheidet alsdann 1) den tiefsten Ton. Dieser, in der Regel stärkste, bestimmt die jedem Ohr ohne Weiteres bemerkliche Tonhöhe. 2) Eine kleinere oder grössere Anzahl höherer Töne (sog. Obertöne), und zwar hört das geübte musikalische Ohr bei gehöriger Aufmerksamkeit Töne heraus von 2, 3, 4 u. s. w. mal höheren Schwingungszahlen als der tiefste Ton. Die Obertöne von C z. B. sind der Reihe nach $c—g—c_1—e_1—$

g_1—b_1—c_2 u. s. w. Je nach Anzahl, Stärke und Höhe der Obertöne empfindet man einen bestimmten Toncharakter.

Demnach verfolgen wir bei den Klängen nicht etwa die aus ihren Theiltönen resultirende periodische Luftbewegung in ihren einzelnen (von der elementaren Schwingung mehr oder minder abweichenden) Phasen, wir empfinden also nicht die zusammengesetzte Schwingungsform als solche, sondern zerlegen im Gegentheil jede derartige periodische Luftbewegung in ihre elementaren, dem Sinn allein zugänglichen Schwingungen. (Den Beweis dafür s. 326.)

Die einfachen Töne sind »weich«; Klänge mit niederen Obertönen kommen uns besonders angenehm vor, während durch die höheren Obertöne, etwa vom 6. an aufwärts die Klänge »scharf« und »rauh« werden (diese hohen Obertöne bilden nämlich Dissonanzen unter sich).

Zum objectiven Nachweis der Obertöne dient eine über eine Flasche gespannte und auf einen bestimmten Ton abgestimmte Membran, die man mit feinem Sand bestreut. Wird ein Ton erregt, in welchem als Oberton der Eigenton der Membran enthalten ist, so schwingt die letztere und wirft den Sand empor. Zum subjectiven Nachweis der Obertöne dient das directe Heraushören derselben aus dem zusammengesetzten Ton, was dem musikalischen Gehör bei entsprechender Richtung der Aufmerksamkeit ohne Weiteres gelingt. Nach Helmholtz erleichtert man sich das Heraushören schwacher Obertöne, wenn man passende Resonatoren auf das Ohr setzt, z. B. hohle Messingkugeln mit zwei Oeffnungen, von denen die eine in einen Hals ausläuft, der in den Gehörgang gesetzt wird. Ist das andere Ohr geschlossen, so hört man die meisten Töne sehr gedämpft, stark aber denjenigen Ton (er sei ein für sich allein bestehender einfacher oder ein Oberton), der dem Eigenton des Resonators entspricht.

326. Aussonderung der Theiltöne im Ohr.

Die Theiltöne, welche einen bestimmten Klang zusammensetzen, führen zu einer resultirenden Wellenform, die nach 324 eben von der Zahl und Stärke dieser Obertöne abhängt. Aber auch die Phasenunterschiede sind, wie Fig. 60 zeigt, von grossem Einfluss auf die resultirende Wellenform. Setzt man die 2 elementaren Schwingungen *A* und *B* so zusammen, dass Punkt *b* der Curve *B* auf Punkt *a* der Curve *A* fällt, so entsteht die resultirende Schwingungsform *C*; wird dagegen *b* auf Punkt *a'* verlegt, so hat man die Resultirende *D*. Hängt nun die Klangfarbe nur von der Zahl und Stärke der Obertöne und nicht auch von deren Phasenunterschieden ab, so müssen die resultirenden Bewegungen *C*, *D* u. s. w. auf das Ohr denselben Eindruck machen. Helmholtz erhielt in der That keine Veränderungen der Vocaltimbres, wenn die den Vocal zu-

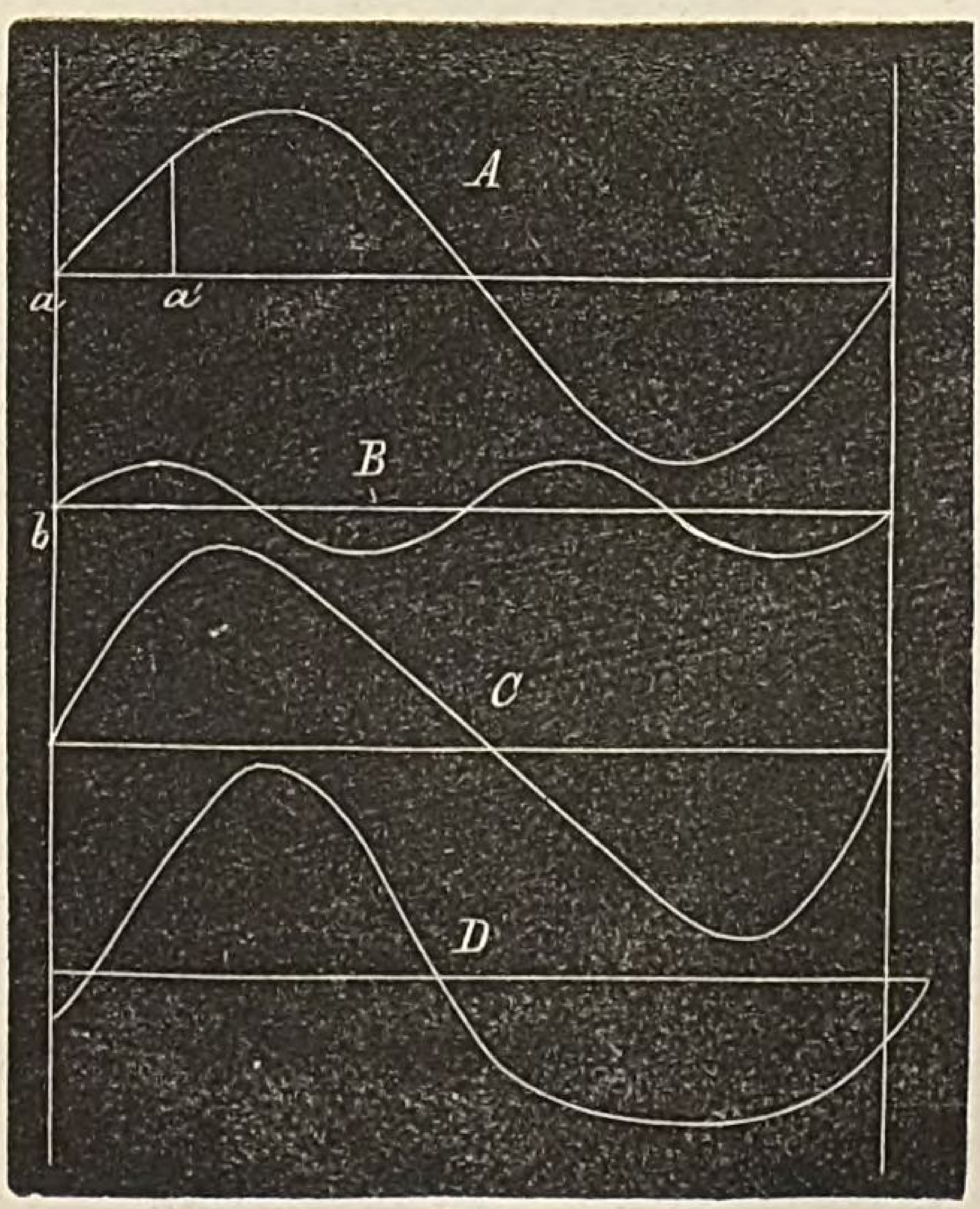


Fig. 60.

sammensetzenden Partialtöne Phasenunterschiede sogar um einen bedeutenden Bruchtheil einer Wellenlänge boten.

Um solche Phasenunterschiede an den schwingenden Stimmgabeln des 329 erwähnten Timbreapparates hervorzubringen, verstimmte Helmholtz die Gabeln durch aufgesetzte Wachsklümpchen. Dadurch wird die Tonstärke gemindert und die Phase verändert sich allmälig um $^1/_4$ Schwingungsdauer, wenn durch jene Verstimmungen der Gabel ihre Tonstärke allmälig auf Null gebracht wird.

Wellen von sehr verschiedener Form können also gleiche Klangfarbe haben, indem es nur darauf ankommt, dass die Luftschwingungen, welche das Ohr treffen, aus den gleichen einfachen Schwingungen in gleicher Stärke zusammengesetzt sind. Wir unterscheiden also nicht die verschiedenen Wellenformen unmittelbar, sondern zerlegen vielmehr, wie schon Ohm vermuthete, die Wellenformen in einfache pendelartige Schwingungen und empfinden gewissermassen diese Partialtöne einzeln als harmonische Töne. Diese Sonderung der Partialtöne ist eine Hauptstütze für die erwähnte Annahme, dass Töne von bestimmter Höhe nur bestimmte Aufnahmsorgane (Corti'schen Fasern) und bestimmte Hörnervenfasern vorzugsweis afficiren.

Auch die Saiten eines Claviers zerlegen den Klang in ähnlicher Weise. Singt man irgend einen Vocalton gegen den Resonanzboden des Claviers, während der Dämpfer abgehoben ist, so klingt der gesungene Vocal deutlich auf den Saiten nach, indem diejenigen Saiten in Schwingungen gerathen, welche Töne geben, die als Obertöne in dem Vocal enthalten sind (Helmholtz). Man wird sich übrigens leicht überzeugen, dass dieser Versuch auch mit den continuirlichen Consonanten der Tonsprache gelingt; sehr gut klingen auf den Claviersaiten nach: *l*, *r*, *m*, *n*; ziemlich unterscheidbar sind noch *w*, *ch*, *sch*; undeutlich ist bloss *s*.

327. Klang als einheitliche Empfindung.

Der »zusammengesetzte« Ton (in dem in 324 II definirten Sinne), sowie die Geräusche, obschon dieselben, objectiv genommen, aus einer Anzahl »einfacher« Töne bestehen, werden als einheitliche Empfindungen aufgefasst und bezogen auf eine einzige Tonquelle. Die Tonempfindungen geben uns also im Allgemeinen objectiv richtige Aufschlüsse über die Tonquellen selbst. Die objectiven Empfindungen leisten alles für uns, wenn sie zur richtigen Auffassung der Aussenwelt verhelfen; es kommt uns, beim gewöhnlichen Gebrauch der Sinne, nur darauf an, die Vorstellung von dem äusseren Object oder Ereigniss richtig zu bilden. Der Empfindungsvorgang in seinen Componenten bleibt uns dabei in der Regel verborgen.

Die von derselben Tonquelle ausgehenden Schwingungen wiederholen sich nämlich immer in derselben charakteristischen Weise, sodass wir allmälig dahin gelangen, einen solchen Toncomplex zur Empfindungseinheit zu verbinden. Die Ursachen des Zusammenhaltens der Töne derselben Tonquelle sind nach Helmholtz: 1) Jedem bestimmten Klang entspricht eine bestimmte periodische Luftbewegung; der Grundton von n Schwingungen, sowie die Obertöne von 2n, 3n, 4n u. s. w. Schwingungen veranlassen nach 324 eine bestimmte, von der Zahl und Stärke der Obertöne abhängige resultirende Schwingungs-

form. 2) Für viele Klänge ist die Erregungsweise charakteristisch, d. h. die Art wie der Klang beginnt und aufhört. Der Clavierton erreicht schnell sein Maximum, die Töne der Blechinstrumente steigen ungleichmässig, abgebrochen an. 3) Viele Klänge sind von charakteristischen Geräuschen begleitet, z. B. manche Blasinstrumente von Sausen und Zischen der Luft, die sich an den scharfen Rändern der Anblasöffnung bricht, die der Geige vom Reiben des Bogens. 4) Wenn ein Klang einsetzt, so setzen alle seine Theiltöne in gleicher Stärke zugleich ein und hören ebenso auf.

In den Mixturregistern der Orgel ist jede Taste mit einer Anzahl Pfeifen verbunden, die sie gleichmässig öffnet und die den Grundton und einige Obertöne der betreffenden Note geben. Wegen dieses gleichmässigen Einsetzens der einzelnen Pfeifentöne verschmelzen sie zu einem Klang.

328. Die Tontimbres der Sprachen.

Die von den Sprachen benützten Tontimbres gehorchen relativ einfacheren Periodicitätsgesetzen und sind desshalb für unsere Empfindung besonders klar und leicht aufzufassen. Der erste Versuch einer akustischen Definition, wenigstens der Vocale, rührt von R. Willis her. Schlagen die Zähne eines sich drehenden Rades gegen eine Uhrfeder, so entsteht ein um so höherer Ton, je schneller die Einzelstösse auf einander folgen. Diese Töne nehmen aber ausserdem einen Vocalcharakter an; bei einer gewissen Länge der Feder entsteht *u*, bei allmäliger Verkürzung derselben *o*, *a*, *e* und endlich *i*. Die Feder schwingt nämlich, nachdem sie vom Zahn abgegleitet ist, noch fort und gibt dabei einen Ton. Der Eigenton der Feder ist aber um so höher, je kürzer dieselbe ist. Aenderung der Drehungsgeschwindigkeit des Rades ändert bloss die Tonhöhe, nicht aber den Vocalcharakter; desshalb unterscheidet Willis: 1) die primären Schwingungen (Hauptton), herrührend von der Zahl der Zahnstösse; sie bedingen die Tonhöhe; 2) die secundären Schwingungen (Nebentöne), d. h. die Vibrationszahlen der Feder; sie bestimmen den Vocalcharakter.

Die Feder im Willis'schen Versuch muss natürlich Zeit haben, im Intervall zwischen zweien Zahnstössen hin und her zu schwingen; die Federschwingungen müssen also zahlreicher sein als die Zahnstösse, mit andern Worten: der Eigenton der Feder muss höher sein als der durch die Zahnstösse bedingte Ton. Desshalb verschwindet bei einer gewissen Tonhöhe (schnellen Aufeinanderfolge der Zahnstösse) das von langsamen Federschwingungen herrührende *u*.

Helmholtz erweiterte diese Lehre dahin, dass die tönenden Vocale ausser dem Hauptton noch aus einer Anzahl von Obertönen mit 2, 3, 4mal u. s. w. höheren Schwingungszahlen bestehen, so zwar, dass sie sich nur unterscheiden durch die höheren Obertöne, welche den Grundton begleiten. Ein geübtes musikalisches Ohr kann bestimmte dieser Obertöne heraushören. Das Nämliche gilt übrigens auch von den tönenden Consonanten der Sprache.

329. Akustische Charakteristik der einzelnen Vocale.

Durch Combination verschiedener »einfacher« Töne hat Helmholtz Töne mit specifischen Vocalcharakteren erhalten. Eine Anzahl Stimmgabeln, deren Schwingungszahlen im Verhältniss 1, 2, 3, 4 u. s. w. standen, wurden jede mit ihrer entsprechenden Resonanzröhre verbunden. (Die Stimmgabel gibt zwar ebenfalls einen »zusammengesetzten« Ton; die Resonanzröhre verstärkt aber bloss den Grundton der Gabel, weil ihre Länge nur mit diesem im richtigen Verhältniss steht; alle Obertöne fallen aus und man hört nunmehr bloss den Grundton, also einen starken »einfachen« Ton.) Die Röhren konnten mittelst einer Claviatur durch Deckel verschlossen und somit die entsprechenden Töne beliebig geschwächt oder ganz ausgeschlossen werden. Jede Stimmgabel wurde zwischen den Schenkeln eines von Drahtwindungen umgebenen Uförmigen Eisens befestigt, welches durch elektrische Ströme in schnellen Wechseln magnetisch wurde und den Magnetismus verlor und dadurch die Stimmgabel, durch abwechselndes Anziehen und Abstossen, in Bewegung setzte. Die Zahl der elementaren Stösse entsprach der Schwingungszahl der den Grundton gebenden Stimmgabel.

Wird der Grundton allein gehört, so hat der Ton den Charakter *u*. Die übrigen Vocalcharaktere sind in folgender Tabelle nach Helmholtz dargestellt. Die Klammern bedeuten, dass die betreffenden Töne auch ausfallen können; also *o* entsteht, wenn der Grundton und zweite Ton (d. h. nächsthöhere Oktave) stark angegeben werden, während der 3. und 4. schwach mitklingen, aber auch ausfallen kann.

	Einfache Töne.						
Vocal	Grundton	Zweiter	Dritter	Vierter	Fünfter	Sechster	Siebenter
u	stark		(schwach)				
o	stark	stark	(schwach)	(schwach)			
e	stark	mässig	stark	(schwach)	(schwach)		
ö	stark	stark	stark				
ü	stark	—	mässig				
i	schwächer	stark	(sehr schw.)	stark	mässig		
a	stark	(schwach)	schwach	mässig	stärker	stärker	stärker
						als 3 und 4.	
ä	stark	(schwach)	schwach	stark	stark.		

330. Geräusche.

Diese grosse und unendlich mannigfaltige Classe von Hörempfindungen ist bis jetzt der Akustik kaum zugänglich gewesen. In vielen Fällen folgen die Einzelstösse zu langsam auf einander: in anderen geschieht die Aufeinanderfolge der Stösse zwar schnell, aber (nach Zeit und Stärke) unregelmässig, woraus sich in hohem Grade verwickelte Schwingungsformen ergeben. Viele Geräusche endlich werden von sehr hohen, dicht nebeneinander liegenden und miteinander

stark dissonirenden Obertönen verursacht. Die meisten Geräusche können als Complexe vieler elementaren Töne angesehen werden, so dass eine strenge Grenze zwischen Klängen und Geräuschen nicht zu ziehen ist. An den Geräuschen unterscheiden wir wiederum: 1) Stärke; 2) Höhe und zwar a) die Höhe des Geräusches als Ganzes, bei welcher oft ein vorherrschender Ton den Ausschlag gibt: z. B. die Höhe der sog. Herztöne der Stethoskopiker, die keine reinen Töne im akustischen Sinn darstellen und b) die Höhe einzelner Töne, die unter Umständen aus dem Gesammtgeräusch herausgehört werden. 3) Timbre. Manche Geräusche haben, und zwar mehr oder weniger rein, irgend einen Vocal- namentlich aber Consonantencharakter; sie sind desshalb besonders leicht auffassbar. Die Timbres *F*, *W*, *S*, sind durch solche anhaltende Geräusche ausgezeichnet; bei einigen wie *R* und *L* wird der Timbre durch Zitterung der Zunge und des Gaumensegels noch unregelmässiger gemacht und dadurch der Luftstrom beständig unterbrochen.

Das Unterscheidungs- und Erinnerungsvermögen für Qualitäten der Geräusche ist sehr gross, wie Beispiele genug aus den speciellen Berufsarten der Menschen beweisen; die Näherin unterscheidet beim Reissen der Stoffe gewisse Qualitäten derselben u. s. w. Die Sprachen haben zahlreiche Bezeichnungen — zum Theil Onomatopoëtica — für die Geräusche: Schnurren — Schnarren — Summen, Brausen, Sausen, Rauschen, Tosen — Klappern, Rasseln — Poltern, Rollen — Pfeifen, Zischen, Schwirren, Schrillen, Pipen, Meckern, Grunzen, Stöhnen, Aechzen u. s. w.

C. Gleichzeitiges Hören verschiedener Töne.

331. Gleichzeitiges Hören unisoner Töne.

Werden zwei gleichstarke, gleichhohe, elementare Töne neben einander erregt, so sind 3 Fälle möglich: 1) Die Maxima der Stösse beider Töne erreichen gleichzeitig den Hörnerven; dann entstehen doppelt so starke Verdichtungen und Verdünnungen (also in unserem Fall ein Ton von 4facher Stärke); die Empfindung wird am stärksten. 2) Die Maxima der verdichtenden Stösse des einen Tones erreichen das Ohr gleichzeitig mit den Minima der verdünnenden Stösse des anderen Tones; die Verdichtungshalbwelle legt sich also auf die Verdünnungshalbwelle; die Bewegungen heben sich nunmehr auf, es wird kein Ton gehört.

Erregt man z. B. einen Ton im Anfang 1 einer Röhre Fig. 61, welche sich so in 2 Arme theilt, dass der eine um $^1/_2$ Wellenlänge länger ist als der andere, so gelangt gleichzeitig eine Verdichtungs- und eine Verdünnungshalbwelle nach 2 und der Ton wird daselbst ausgelöscht. Die beiden Röhrenarme können hier geradezu als Conductoren von 2, unter sich um $^1/_2$ Wellenlänge abstehenden, sonst genau gleichen Tonquellen angesehen werden. — Zwei unisone Töne dagegen, ausgehend von zwei Instrumenten, die um $^1/_2$ Wellenlänge aus einander stehen, löschen sich nicht aus, weil (abgesehen von der schwer zu erreichenden absoluten Gleichzeitigkeit der beiderseitigen Wellen und anderen Ursachen) das Ohr nicht bloss die direkten Wellen empfängt, sondern auch die von den verschiedensten Richtungen, Boden, Wände u. s. w. her reflektirten Tonwellen, deren Zahl natürlich sehr viel grösser ist als die der direkten.

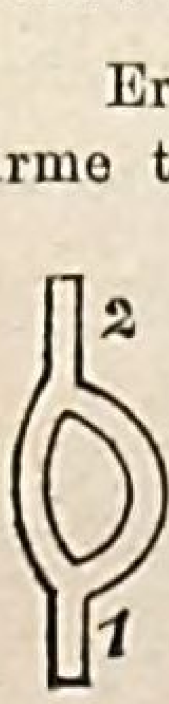


Fig. 61.

3) Die Maxima der Stösse beider Töne fallen hinter einander. Liegen die Maxima einander nahe, dann tritt immer noch beträchtliche Verstärkung ein

(freilich keine so grosse Verstärkung, wie im ersten Fall). Zwischen der Intensität (1) und der vollkommenen Auslöschung der Töne (2) sind also alle möglichen Uebergänge enthalten; die Empfindungen im Ohr entsprechen hier nicht mehr der Summe der beiden Empfindungen, die von beiden Tönen einzeln erregt werden. Sind die unisonen Töne elementare, d. h. ohne Beimischung von Obertönen (was aber nur bei künstlichen Versuchsmitteln möglich ist), so verschmelzen sie, da kein Grund vorhanden ist, sie gesondert aufzufassen, zur einheitlichen Empfindung.

332. Hören nahezu unisoner Töne.

Werden dem Einklang nahe Töne gleichzeitig erregt, so eilen die Stösse des höheren Tones denen des tieferen allmälig voran. In Figur 62 sind auf 9 Stösse des einen, 10 des zweiten Tones eingezeichnet. Bei 1 fallen die Berge beider Systeme (am meisten) auf einander; die Töne verstärken sich. In der Mitte, bei 0, kommt (nahezu) das Maximum einer Verdichtungshalbwelle auf das Maximum einer Verdünnungshalbwelle: die Töne löschen sich aus. Man hat desshalb intermittirende, stossweise Hörempfindungen, so aber, dass jeder Einzelstoss allmälig an- und dann wieder abschwillt. Zwischen 1 und 0 lagern sich nämlich die zwei Wellenzüge so über einander, dass die resultirenden Wellen an Höhe immer mehr abnehmen, während sie jenseits 0 wieder allmälig wachsen. Diese abwechselnden Verstärkungen und Schwächungen der Töne nennt man Schwebungen. Die Zahl der letzteren ist gleich der Differenz der Schwingungszahlen beider Töne; 2 Töne z. B. von 100 und 104 Schwingungen in der Sekunde geben alle $1/4$ Sekunde 1 Schwebung. Wenigen Schwebungen, etwa 4—6 in der Sekunde, folgt das Ohr leicht, mit zunehmendem Unterschied beider Tonhöhen vermehren sich die Schwebungen und der Ton wird rauh, knarrend und auffallend intermittirend. Darin sucht Helmholtz den Grund, warum uns solche Töne, wenn sie zusammen gehört werden, unangenehm ansprechen; auch für andere Sinne sind gewisse intermittirende Empfindungen unangenehm im Vergleich zu den continuirlichen. Das Maximum des Rauhen bewirken etwa 33 Schwebungen in der Sekunde; dazu ist, in der mittleren Gegend der Tonscala, eine Differenz beider primären Töne um $1/2$ Ton erforderlich. Bei noch schnelleren Schwebungen nimmt der Eindruck allmälig wieder ab; aber noch bei 130 Schwebungen in der Sekunde hört die Empfindung des Intermittirenden nicht völlig auf.

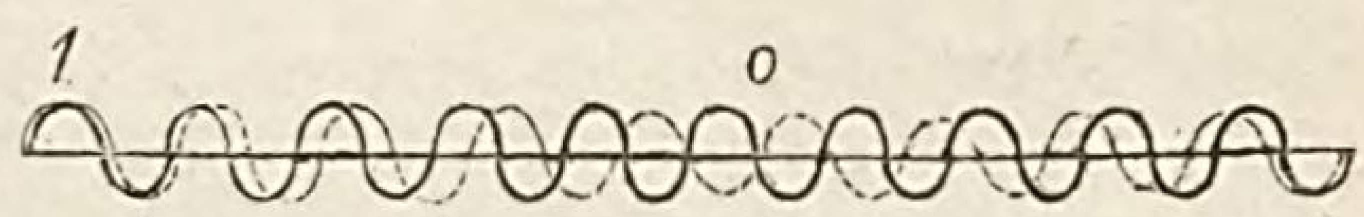


Fig. 62.

Das Bisherige bezog sich auf einfache Töne; werden aber zwei gewöhnliche, d. h. zusammengesetzte Töne, die dem Einklang nahe stehen, zugleich erregt, so erlischt der Ton nicht völlig während der Minima der Tonstärke, weil Obertöne vorhanden sind, deren Schwebungen mit denen des Grundtones nicht zusammenfallen.

333. Consonirende und dissonirende Töne.

Zwei oder mehrere Töne zusammen gehört sind uns entweder angenehm (consonirend), oder unangenehm (dissonirend). Die consonirenden zeigen einfache, d. h. durch kleine ganze Zahlen ausgedrückte, die dissonirenden aber complicirtere Verhältnisse ihrer Schwingungszahlen. Die wichtigsten consonirenden Zweiklänge sind folgende:

Bezeichnung des Intervalls.		Relative Schwingungszahlen. Grundton.		Höherer Ton.
Oktave		1		2
Duodecime,	z. B. c : g^1	1	:	3
Quinte,	z. B. c : g	2	:	3
Quart,	z. B. c : f	3	:	4
Grosse Terz,	z. B. c : e	4	:	5
Kleine Terz,	z. B. e : g	5	:	6

Weitere einfache Intervalle entstehen, indem man den Grundton eines gegebenen Intervalls eine Oktave höher verlegt (sog. Umkehren der Intervalle). Dabei wird die kleine Zahl des ursprünglichen Intervalls verdoppelt; aus 5 : 6 (kleine Terz) wird 6 : 10 = 3 : 5 = grosse Sext, z. B. c : a. Die grosse Terz (4 : 5) wird kleine Sext = 5 : 8.

Sind die consonirenden Töne zusammengesetzt, also Klänge, so stehen auch ihre Obertöne (alle oder wenigstens die wichtigsten derselben) im Einklang und die Harmonie wird nicht gestört (Rameau, d'Alembert, Helmholtz). Man hört desshalb keine, eine Intermittenz der Empfindung bewirkenden Schwebungen (332); desshalb sind sie uns angenehm. Es ist z. B. *h* eine reine Quint von *e*, also macht *e* 2 Schwingungen, während *h* 3 vollführt. Der 1. Oberton von *h* ($3 \cdot 2 = 6$) und der 2. Oberton von *e* schwingen demnach gleich schnell. Ist aber das Intervall 2 : 3 nicht genau gestimmt, so machen diese Obertöne Schwebungen und je grösser die Unreinheit der Intervalle, desto schneller und unangenehmer werden die Schwebungen. Die widrigen Empfindungen bei unrein gestimmten Instrumenten rühren demnach von Schwebungen der Obertöne her und Consonanz ist eine continuirliche, die Dissonanz eine intermittirende Empfindung (Helmholtz).

Die Consonanzen bieten folgende Unterschiede: I) Absolute Consonanz: Oktave, Duodecime; alle Obertöne fallen zusammen. II) Gute Consonanz: Quint und Quart; die nichtharmonischen Obertöne stehen zu weit aus einander, um erhebliche Schwebungen zu machen. III) Mittlere Consonanz: Grosse Sext und grosse Terz. Diese sind in tieferen Lagen ziemlich rauh, noch mehr gilt das von der IV) unvollkommenen Consonanz (resp. unvollkommener Dissonanz): kleine Sext und kleine Terz.

Das Zusammenklingen von mehr als zwei Klängen heisst Accord; derselbe ist consonant, wenn seine einzelnen Intervalle consoniren. Der Grundton *c* hat folgende 3stimmige Accorde innerhalb seiner Oktave:

I) c e g als Stammaccord der Durdreiklänge

e g c } abgeleitete Durdreiklänge
g c e

II) c es g als Stammaccord der Molldreiklänge

es g c } abgeleitete Molldreiklänge.
g c es

Beim Durdreiklang ist die Consonanz vollkommener als beim Molldreiklang.

334. Combinationstöne.

Die schwingende Bewegung der Luft oder jedwedes durch eine Tonquelle in Vibration versetzten Mediums ist die genaue Summe der einzelnen Bewegungen, welche die einzelnen Tonquellen hervorbringen, d. h. die von verschiedenen Tonquellen ausgehenden Luftbewegungen verlaufen ungestört neben und durcheinander. Das Gesetz gilt so lange, als die von den verschiedenen Tönen bedingten Dichtigkeitsänderungen der Luft sehr klein sind; wird aber die Luft von 2 primären Tönen in heftige Schwingungen versetzt, so entsteht eine neue zusammengesetzte Wellenbewegung, die neben den primären Tönen als neuer: sog. Combinationston vernommen wird.

Man unterscheidet: 1) Die von Sorge und Tartini beschriebenen tieferen Combinationstöne. Ihre Schwingungszahl ist = der Differenz der Schwingungszahlen der primären Töne; der Tartinische Ton ist also tiefer. Stehen z. B. die primären Töne im Quartintervall, so fällt je der vierte Stoss des einen zusammen mit dem dritten des andern Tones; für das Quartintervall ($4 - 3 = 1$) ist der Combinationston die tiefere Doppeloktave (relative Schwingungszahl = 1) des höheren primären Tons (Schwingungszahl 4); ist letzterer aber bereits tief, so kann der Combinationston als zu tief natürlich nicht mehr gehört werden. 2) Höhere Combinationstöne: Die Schwingungszahl dieser von Helmholtz entdeckten, jedoch sehr schwachen, Töne ist gleich der Summe der primären Töne.

Die Combinationstöne sind nicht etwa subjectiver Natur, setzt man nämlich einen Resonator auf das Ohr, so kann man den Combinationston heraushören; der Resonator verstärkt nämlich nur einen in der Luft schon vorhandenen Ton, nicht aber einen, der bloss in der Empfindung existirt. Manche musikalische Instrumente, namentlich aber die Doppelsirene von Helmholtz, liefern besonders starke Combinationstöne; eine Bedingung zu ihrer Erzeugung ist, dass dieselbe Luftmasse von beiden primären Tönen in heftige Erschütterung gebracht wird.

Werden dagegen 2 primäre Töne getrennt von einander und ohne weiteren mechanischen Zusammenhang erregt, z. B. durch Singstimmen oder Blasinstrumente, so verstärkt der auf das Ohr gesetzte Resonator die Combinationstöne nicht. Gleichwohl vermuthet Helmholtz, es sei auch hier ein objectiver combinirter Schwingungszustand, jedoch nur im Trommelfell und den Hörknöchelchen, vorhanden, sodass auch diese Töne nicht als subjective aufzufassen wären.

D. Schallleitung durch das Hörorgan.

335. Uebergang des Schalls in das Ohr.

Der Schall pflanzt sich in der Luft während einer Sekunde um 1024 par. Fusse fort; im freien Wasser ist seine Geschwindigkeit 4 mal, in den schwingungsfähigeren unter den festen Körpern 7—18 mal grösser. Die Fortleitung erfolgt am besten in demselben Medium, in welchem der Schall erregt wurde; auf ein zweites Medium geht er immer nur mit einer gewissen Schwächung über.

Zur Aufnahme des Schalls dient das Trommelfell, ausnahmsweis die Kopfknochen, die unter Umständen leicht in Schwingungen gerathen und den Schall zum Felsenbein leiten. 1) Schallschwingungen der Luft gehen leicht über auf das Trommelfell, überhaupt auf gespannte Membranen; dagegen schwer auf die Kopfknochen, sodass wir bei verstopften Ohren fast taub sind für Lufttöne. 2) Schallschwingungen im Wasser gehen leicht über auf die Kopfknochen; unter Wasser getaucht hört man auch bei verstopften Ohren im Wasser erregte Geräusche sehr gut. 3) Schallwellen fester Körper pflanzen sich am leichtesten auf die Kopfknochen fort. Eine tönende Stimmgabel z. B. wird, wenn man sie auf den Kopf setzt, stärker gehört, als aus der Luft.

Die Schallleitung durch die Schädelknochen wird selten benützt; z. B. beim Auflegen des Ohres auf den Boden, um ferne vorzugsweis durch den Boden fortpflanzbare Geräusche wahrzunehmen. Beim Hörrohr des Arztes dient sowohl die Luft als das Holz zur Schallleitung. Auch für das Hören der eigenen Stimme ist die Leitung durch die Kopfknochen von Belang; bei verstopften Ohren hören wir unsere Stimme stark, aber mit einem veränderten Timbre.

336. Resonanz.

Zur Tonverstärkung benützt die Musik die Mitschwingung (Resonanz) anderweitiger Körper. W. Weber unterscheidet zwei Arten von Resonanz: I) Vollkommenere Mittheilung der Schwingungen des tönenden Körpers an ein anderes Medium. Die Schwingungen der Stimmgabel z. B. gehen in die Luft nur sehr unvollkommen über; wird dieselbe aber auf einen Tisch aufgesetzt, so entsteht der bekannte starke Ton. Die Theilchen des Holzes kommen in Schwingungen, isochron mit denen der Gabel; die Schwingungen des Holzes, überhaupt aller in dieser Weise resonirenden Körper, sind viel schwächer als die der primären Tonquelle: der Ton also wird nicht positiv verstärkt, höchstens kann er fast die Stärke erhalten, die er hätte, wenn er fortgepflanzt würde durch eine Masse, die der Tonquelle gleichartig ist. II) Wirkliche Verstärkung des Tones (Resonanz im engern Sinn). Die Schallwellen der Tonquellen gehen über auf einen begrenzten Körper, z. B. einen Luftraum, von dessen Grenzen sie zurückgeworfen

werden. Die zurückgeworfenen Wellen kreuzen sich aber unter sich und mit den direkten, vom tönenden Körper herkommenden Wellen; dadurch geräth der resonirende Körper in stehende Schwingungen von viel stärkern Excursionen als die Schwingungen sind, die derselbe vollbringen könnte, wenn er unbegrenzt wäre, selbst bei der vollkommensten Mittheilung der Töne.

337. Aeusseres Ohr.

Die Funktionen der durch ihre Gestalt ausgezeichneten Ohrmuschel sind wenig hervorstechend; beim Fehlen derselben ist das Gehör nur wenig geschwächt. Die Muschel dient als Reflector von Schallstrahlen in den Hörgang; die Windungen der Muschel sind jedoch so gebaut, dass die meisten auf dieselbe auffallenden Schallstrahlen wieder nach aussen reflectirt werden; nur diejenigen, welche die Vertiefung des äusseren Ohrknorpels (Concha) treffen, werden gegen den Tragus und von da in den Hörgang geworfen. Ueberzieht man einen Theil der Ohrmuschel (mit Freilassung des Gehörganges) mit Wachsmasse, so hört man etwas weniger gut (Schneider, Rinne).

Die, vom N. facialis versorgte, beim Menschen aber wenig entwickelte, Muskulatur der Ohrmuschel zerfällt 1) in die vom Schädel zum Ohr gehenden, dem Willen (bei Manchen) unterworfenen Beweger des ganzen Ohres und 2) in die Beweger einzelner Theile der Muschel. Letztere stellen im Menschen kleine, blasse Muskelbündel dar, deren Funktionen nicht wohl in Betracht kommen.

Bei vielen Säugethieren sind die Ohrmuskeln akustisch wichtig durch Erweiterung, Verengerung oder selbst (bei manchen Tauchern) durch klappenartiges Verschliessen des Hörganges. Die Muskeln am äusseren Ohr scheinen für den Hörakt von einer gewissen Bedeutung zu sein; die Empfindung dürfte an Deutlichkeit gewinnen, wenn sie am Eingang des Sinneswerkzeuges von bewussten Bewegungen begleitet ist, welche die Aufmerksamkeit dem Hörakt noch mehr zuleiten.

Die Luft des äusseren Hörganges dient als Leiter der Schalle. Wird derselbe verstopft, so ist man fast taub für Schallwellen der Luft; eine Uhr z. B., deren Schlag noch auf 42 Fusse hörbar war, wurde dann erst gehört, wenn sie dem Ohr bis auf 1 Zoll genähert war. Der Hörgang ist so gewunden, dass nahezu alle Schallstrahlen zunächst auf die Wände des Ganges und von da erst auf das Trommelfell selbst geworfen werden.

338. Trommelfell und Trommelhöhle.

Das Trommelfell, die Scheidewand zwischen dem Hörgang und der Trommelhöhle hat beim Menschen eine Oberfläche von etwa 50 □ M. m.; bei Thieren mit kleinem Schädel ist sie nicht sehr viel kleiner. Das Trommelfell ist trichterförmig nach Einwärts gezogen, so aber, dass seine Aussenfläche gegen den Gehörgang convex gekrümmt erscheint. Im Erwachsenen ist das Trommelfell schief gestellt zur Axe des Hörgangs und zwar schief 1) von oben und aussen nach unten und innen und 2) von hinten und aussen nach vorn und innen.

Die Schiefstellung vermehrt die Oberfläche (Schwingungsfähigkeit) der Membran und bewirkt, dass eine grössere Zahl der von den Wänden des Hörganges zurückgeworfenen Strahlen mehr senkrecht auf das Trommelfell fallen. Als gespannte elastische Membran kann das Trommelfell durch Schallwellen der Luft leicht in Schwingungen versetzt werden. Bei der Fortpflanzung der Trommelfellschwingungen zum Labyrinth handelt es sich um zwei Wege:

1) Leitung durch die Luft der Trommelhöhle zur Membran des runden Fensters und von dieser zum Schneckenwasser. Die physikalische Möglichkeit dieser Leitung ist unbestritten; sie steht aber ausserordentlich zurück gegen die zweite Leitungsbahn. Auch ist das runde Fenster in vielen, feinhörenden Thieren ungünstig gestellt gegen das Trommelfell, ja es liegt selbst in einem Nebenraum der Trommelhöhle, der mit letzterer nur durch einen feinen Spalt zusammenhängt. 2) Leitung durch die Gehörknöchelchen. Dieselben pflanzen die Trommelfellschwingungen fort zur Membran des ovalen Fensters, welches den Vorhof verschliesst. Diese Leitung kommt höchst wahrscheinlich allein in Betracht.

Joh. Müller hat beide Leitungen folgendermaassen geprüft: In den Hals einer Glasflasche, Fig. 63, wird eine den äusseren Hörgang darstellende Röhre eingefügt, die unten mit einer Membran *t* verschlossen ist. Der Boden wird durch eine, von zwei Löchern durchbohrte Korkplatte gebildet; in jedem Loch steckt ein, unten mittelst einer Membran verschlossenes Röhrchen, während ein, die Hörknöchelchen darstellender Stab *k* das Trommelfell *t* mit der Membran des ovalen Fensters *o* verbindet. Wird der Apparat in Wasser gestellt, so hört man (bei verstopften Ohren) einen im Hals erregten Ton, mittelst eines, an das Ohr angelegten und in das Wasser getauchten Stabes, bei *o* sehr viel stärker als bei dem, das runde Fenster repräsentirenden *r*. Schwingungen einer gespannten Membran werden also leicht übertragen mittelst fester Theile auf eine zweite Membran und von da auf Wasser; viel schwächer aber auf Luft und von da auf eine zweite Membran und von dieser wiederum auf Wasser.

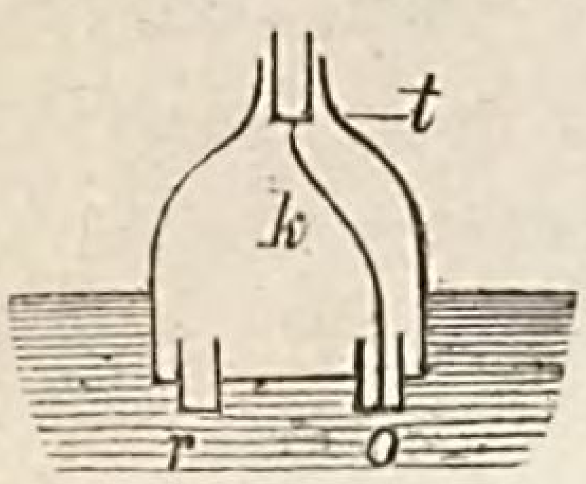


Fig. 63.

339. Hörknöchelchen.

Feste Körper, mit einander unter verschiedenen Winkeln verbunden, leiten den Schall in der ursprünglichen Richtung weiter, die Schwingungsrichtung verändert sich also trotz der Winkel nicht (Savart). Versetzt man die Saite *s*, Figur 64, durch Reiben mit einem Lappen in longitudinale, oder mittelst Streichens mit dem Violinbogen in transversale Schwingungen (z. B. in der Ebene des Papiers, oder senkrecht zu dieser Ebene u. s. w.), so schwingen auch die Brettchen 1, 2, 3, 4 (wie die Bewegungen des auf sie aufgestreuten feinen Sandes zeigen) in gleichen Richtungen und man erhält desshalb, je nach der primären Schwingungsrichtung der Saite, Klangfiguren von verschiedener Form. Würden das Trommelfell und die in mehrfachen Winkeln mit einander verbundenen Gehörknöchelchen in Verdichtungs- und Verdünnungswellen schwingen, so würden diese Schwingungen somit weder geschwächt, noch in ihren Richtungen verändert.

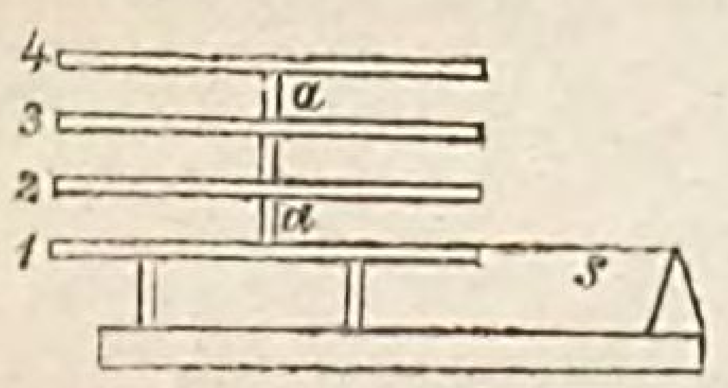


Fig. 64.

Es ist aber wahrscheinlich, dass die Schwingungen vom Trommelfell an bis in das Labyrinth nicht in Verdichtungs- und Verdünnungswellen, sondern ausschliesslich in Beugungswellen bestehen (Ed. Weber, Helmholtz). Die Wellenlängen nahezu aller Töne der Tonscala sind nämlich sehr gross im Vergleich zu den Dimensionen der Theile des mittleren und inneren Ohres. Diese als incompressibel zu betrachtenden Theile (Membranen, Hörknöchelchen, Labyrinthwasser) können nur als Ganzes schwingen, d. h. sie erleiden Verschiebungen, die verschwindend klein sind im Vergleich zur Amplitude der Schallschwingungen. Desshalb pflanzt sich die Schwingung vom Trommelfell so gut wie augenblicklich in das Labyrinth fort.

Die Trommelfellschwingungen theilen sich zunächst dem Handgriff des Hammers mit; parallel mit letzterem verläuft der lange Fortsatz des Ambos, dessen Schwingungen desshalb in demselben Sinne wie die des Hammers geschehen. Das mit dem langen Fortsatz des Ambos verwachsene Sylvi'sche Knöchelchen artikulirt mit dem Steigbügel-Köpfchen; eine von letzterem zur Mitte des Fusstrittes des Steigbügels gezogene Linie steht ungefähr senkrecht auf der Längsaxe des langen Ambosfortsatzes. Kleine Ein- und Auswärtsbewegungen des letzteren werden also den Steigbügel abwechselnd stärker in das ovale Fenster eindrücken und aus demselben herausziehen. Die Membran des eirunden Fensters folgt also den Bewegungen des Trommelfells.

Der Hammer, dessen Kopf und Hals durch 2 straffe Ligamente in seiner normalen Lage gehalten wird, dreht sich, einseitig für sich betrachtet, vorzugsweis um eine durch den unteren Theil seines Halses gelegte Axe *a—a* (Fig. 65). Der Hammer ist durch eine Art Sattelgelenk mit dem Ambos verbunden, sodass jede Einwärtstreibung des Hammerstiels den Ambos ebenfalls mitnimmt und dieser mit der Spitze seines langen Fortsatzes gegen das Steigbügelköpfchen drückt. Wird dagegen das Trommelfell nach aussen getrieben, so folgt der Steigbügel nur sehr wenig nach; wohl aber Hammer und Ambos. Desshalb kann der Steigbügel auch bei der stärksten Auswärtsbewegung des Trommelfells nicht aus seiner natürlichen Verbindung mit der Membran des eirunden Fensters gelöst werden. Am schwächsten sind die Excursionen des Steigbügels (höchstens $^1/_{18}$ Millimeter), während das untere Ende des langen Ambosfortsatzes sich $^1/_2$ Mill. hin- und herbewegen kann.

Helmholtz betrachtet Hammer und Ambos als einarmigen Hebel, dessen Unterstützungspunkt in der Spitze des kurzen Fortsatzes des Ambos liegt. Angriffspunkt der Kraft ist die Spitze des Hammerhandgriffes, während auf die Spitze des langen Fortsatzes des Ambos die Last wirkt, d. h. der Steigbügel sammt den hinter ihm liegenden Widerständen des Labyrinthwassers. Bei der Einwärtsbewegung des Trommelfells drehe sich der Hammer um eine schräg gegen die Ansatzebene des Trommelfells durch den Hammerhals gezogene Axe. Die gemeinsame Drehaxe des ganzen Systems (Fig. 65, punktirte Linie *a-a*) stellt nach Ed. Weber eine Linie dar, welche von der Insertion des kurzen Fortsatzes des Ambos (an der Hinterwand der Trommelhöhle) nach vorn und aussen zur Insertion des Processus Folianus des Hammers am oberen, vorderen Rand des Trommelfellringes gezogen wird. Fig. 65 stellt das rechte Trommelfell von innen gesehen dar, sammt Hammer und Ambos.

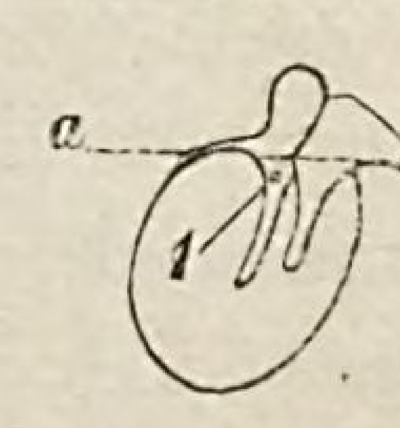


Fig. 65.

Obschon die Hörknöchelchen die normalen Leiter zwischen dem Trommelfell und der Membran des eirunden Fensters sind, so vernichtet doch die Unterbrechung ihrer Verbindungen das Gehör keineswegs; beim unterbrochenen Zusammenhang zwischen Ambos und Steigbügel findet noch ein Hören statt; der Steigbügel nimmt also die Schwingungen der Trommelfellluft auf. Dagegen ist nach Toynbee die freie Beweglichkeit des Steigbügels von grösster Wichtigkeit, die (ziemlich häufige) Verwachsung des Steigbügels mit dem eirunden Fenster veranlasst starke Schwerhörigkeit.

340. Spannung des Trommelfells.

Die zur Aufnahme der Schallschwingungen der Luft erforderliche beständige Trommelfellspannung wird erzielt durch die Beschaffenheit der Membran selbst und durch den Handgriff des Hammers, dessen Spitze die Mitte des Trommelfells nach einwärts zieht. Diese Einwärtsstellung des Handgriffs ist die Folge der Federkraft des Processus Folianus, sowie der gesammten Lagerungs- und Verbindungsweisen der Hörknöchelchen.

Vergrössert wird die Trommelfellspannung durch den vom N. trigeminus versorgten Musculus tensor membranae tympani. Die lange Sehne desselben wendet sich, nachdem sie den Canal, innerhalb welches sie verläuft, verlassen hat, rechtwinklig gegen das Trommelfell und inserirt am oberen Theil des Handgriffes des Hammers (1 Figur 65), also nur wenig unter der gemeinsamen Drehaxe (*a a*) des Hammers und Ambos. Der Muskel zieht das Trommelfell nach einwärts; diesem Zug folgen die Hörknöchelchen; desshalb tritt der Fusstritt des Steigbügels tiefer in das ovale Fenster und der Tensor tympani ist demnach mittelbar indirekt auch ein Tensor membranae fenestrae ovalis, wodurch auch das Wasser des Labyrinthes einen stärkeren Druck empfängt. Um Letzteres zu beweisen legte Politzer in einem eben getödteten Hund den oberen halbzirkelförmigen Canal bloss; er bemerkte ein schwaches Ansteigen des Labyrinthwassers, wenn der N. trigeminus gereizt wurde.

Der Musc. stapedius wird vom N. facialis versorgt; die Meisten halten ihn ebenfalls für einen Spanner der Membran des eirunden Fensters, insofern er den hinteren Theil des Steigbügelfusstrittes stärker an die Membran andrückt. Nach Toynbee dagegen soll der Muskel die Membran des eirunden Fensters und das Labyrinthwasser abspannen. Derselbe machte einen Schnitt durch die Schnecke und sah ein schwaches Zurückweichen des Schneckenwassers nach Anziehung des M. stapedius. — Die Beurtheilung der Bedeutung beider Muskeln der Trommelhöhle ist um so schwieriger, als bei Lähmung ihrer Nerven keine auffallenden, oder doch keine regelmässigen Störungen des Gehörs vorkommen.

Wird das Trommelfell stark gespannt, so leitet es den Schall schlechter; die Trommelfellspannung ist somit ein Dämpfungsmittel heftiger Schalle. Wir hören dann minder gut schwächere Töne überhaupt und tiefere insbesondere. Jede gespannte Membran gibt einen, ihrer Spannung entsprechenden Ton: ihren Eigenthon. Die Membran kommt am leichtesten in Schwingungen durch Töne, die ihrem Eigenton unison sind oder demselben doch

nahe liegen. Das stark gespannte Trommelfell gibt einen hohen Eigenton, somit kann dasselbe tiefe Töne weniger gut leiten. Gewöhnlich nehmen wir aber hohe und tiefe Töne zugleich wahr; die Verbindung des Trommelfelles mit den Hörknöchelchen und dieser mit dem Labyrinth verhütet demnach ein einseitiges Schwingen des Trommelfelles, gemäss dem akustischen Gesetz, dass in einem System mit einander verbundener verschiedenartiger Körper nur ein, allen gemeinsamer, einheitlicher Bewegungszustand bestehen kann.

Das Trommelfell reflektirt Schallwellen und zwar um so mehr, je stärker dasselbe gespannt ist. Lucae leitete den Ton einer Stimmgabel durch ein Kautschukrohr in das Ohr, während ein Seitenrohr, das sich gablig theilte, zu den Ohren der untersuchten Person führte. Der Untersucher erhielt also direkte und zugleich von den Ohren des Untersuchten reflektirte Wellen; durch Interferenz beider Wellenzüge wurde (bei passender Länge des Seitenrohres) der Stimmgabelton um so mehr gedämpft je stärker die Reflexion war.

341. Eustachische Trompete.

Dieses Verbindungsrohr kommt in allen Thieren vor, welche eine Trommelhöhle besitzen; es dient zur Herstellung des Gleichgewichtes zwischen der äusseren und der Trommelhöhlenluft und dadurch zur Verhütung einseitiger Spannungen des Trommelfells. Macht man bei Verschluss von Mund und Nase eine angestrengte Ausathmungsbewegung (Valsalva'scher Versuch), so wird Luft in die Trommelhöhle eingepresst und das Trommelfell weicht aus in der Richtung gegen den äusseren Gehörgang. Macht man dagegen, unter gleichen Nebenbedingungen, den Versuch einer Einathmungsbewegung, so tritt von der stärker gespannten Trommelfellluft etwas durch die Tuba in die Rachenhöhle und das Trommelfell wird vom äusseren Luftdruck mehr nach einwärts gedrückt.

In beiden Fällen ist die rasche Trommelfellbewegung von einem Geräusch begleitet. Macht man bei zugehaltener Nase oder während des Untertauchens unter Wasser eine Schlingbewegung, wodurch eine plötzliche Luftverdünnung im oberen Pharynx entsteht, so stürzt die stärker gespannte Trommelhöhlenluft durch die weitoffene Tuba in den Pharynx. Diese Luftverdünnung hat Politzer unmittelbar nachgewiesen; er setzte ein Manometer durch die Nase in Verbindung mit dem oberen Pharynxraum und erhielt einen negativen Druck im späteren Verlauf einer bei geschlossener Nase vollführten Schlingbewegung.

Die gewölbte obere Wand der Tuba wird nur von unnachgiebiger Knorpelsubstanz gebildet, sodass längs dieses Daches eine, freilich sehr enge Communication zwischen Schlundkopf und Trommelhöhle besteht (Rüdinger). Der übrige, weitaus grössere Theil des Tubaquerschnittes ist dagegen geschlossen; er wird aber eröffnet bei jeder Schlingbewegung.

T Fig. 66 stellt die knorplige Halbrinne der Eustachischen Röhre dar, welche nach vorn und aussen durch eine fibröse Membran (*f*) zum vollständigen Canal geschlossen wird. Der Tensor (*t*) und der Levator (*l*) veli palatini entspringen zum Theil vom membranösen Theil der Tuba; sie heben das Gaumensegel, wenn es erschlafft ist. Beim Schlingen aber wird das Gaumensegel, wenn es etwas erhoben ist, zu einem Punctum fixum durch die Gegenwirkung der M. m. pharyngopalatini (*p*), sodass die weitere Contraction des Tensor und Levator veli palatini die Tuba eröffnet, indem sie den membranösen Theil vom knorpligen entfernt. — Schliesst man das eine Nasenloch und bringt in das andere eine Röhre, welche mit einem durch einen Hahn verschliessbaren Behälter

von verdichteter Luft in Verbindung steht, so kann man, wenn man den Hahn während einer Schlingbewegung öffnet, durch die nunmehr eröffnete Tuba eine gewisse Menge Luft in die Trommelhöhle überführen. Darauf beruht eine von Politzer angegebene wirksame Behandlungsweise von Schwerhörigkeit in Folge von Verstopfung der Eustachischen Röhre.

Zur Schallleitung überhaupt und zum Hören der eigenen Stimme insbesondere kann demnach die Tuba nicht dienen; eine in die Mundhöhle gehaltene Uhr wird in der That schlecht gehört.

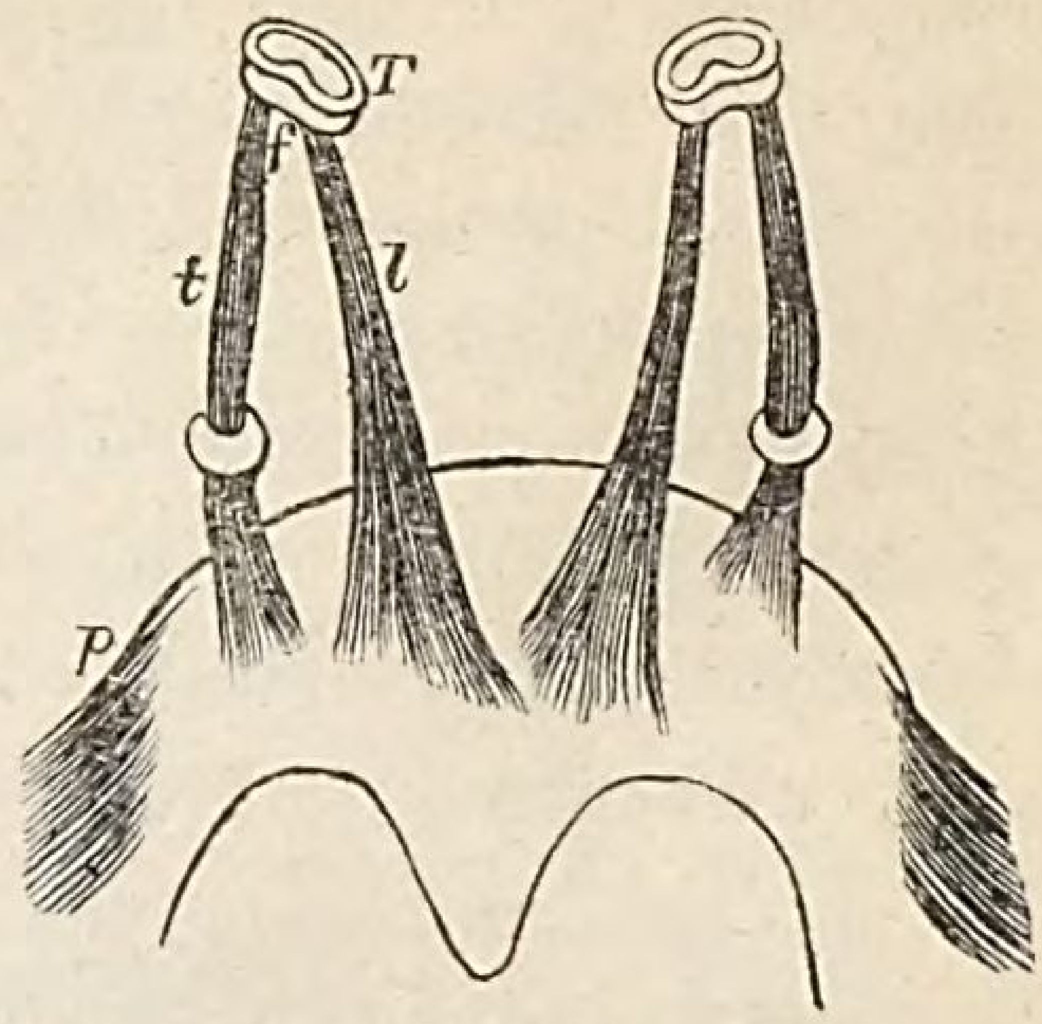


Fig. 66.

342. Schallleitung im Labyrinth.

Ueber die Fortpflanzung der Schallwellen von der Membran des ovalen Fensters bis zum Hörnerven, also über die Leistungen der verschiedenen Theile des Labyrinthes als Conductoren, Reflectoren und Resonatoren hat die Wissenschaft bis jetzt (wenn wir von dem was über die Corti'schen Fasern der Schnecke in 320 erwähnt wurde, absehen) keine begründeten oder die physiologische Akustik wesentlich fördernden Anschauungen.

Die häutigen Bogengänge dürften die Aufnahme der Schallwellen aus den Kopfknochen erleichtern. Die beiden Vorhofsäckchen und Schneckentreppen, sowie die häutigen Bogengänge schliessen etwas Flüssigkeit ein, welche diese Gebilde in einem gewissen Spannungsgrade erhält und somit deren Schwingungsfähigkeit erleichtert. Der sog. Hörsand der Vorhofsäckchen, ein feines, weisses, aus sehr kleinen Kryställchen von kohlensaurem Kalk bestehendes Pulver fehlt in manchen Säugthierspecies, sowie in einzelnen Menschen. Ueber den akustischen Nutzen desselben gibt es blosse Vermuthungen. Das Wasser der Schnecke wird in tönende Schwingungen versetzt vom Vorhofwasser aus. Diese Schwingungen theilen sich den Corti'schen Fasern des Spiralblattes der Schnecke mit (320). Bei stärkeren Vibrationen muss aber das Schneckenwasser gehörig ausweichen können; was durch die Nachgiebigkeit der Membran des runden Fensters ermöglicht wird (Ed. Weber).

Das Gehör ist nach Zerstörung der Schnecke im Vogel vollständig vernichtet, nicht aber nach der Zerstörung der häutigen Bogengänge. Dagegen verursacht die letztere nach Flourens räthselhafte Störungen des Gleichgewichtes des Körpers. Durchschneidung des horizontalen Bogenganges, am Besten beider Seiten, veranlasst im Vogel abwechselnde Bewegungen des Kopfes und Rumpfes von rechts nach links und umgekehrt; während die Durchschneidung des senkrechten Bogenganges pendelartige Bewegungen des Kopfes in der Verticalrichtung nach sich zieht. Diese Erscheinungen, welche mit einem Verlust des Flugvermögens verbunden sind, können Monate hindurch fortbestehen. Vollständige Zerstörung grösserer Strecken der Bogengänge vernichtet sogar die Fähigkeit zum Stehen. Nach Durchschneidung beider Hörnerven kann der Frosch sich nicht mehr im gehörigen Gleichgewicht erhalten; seine Sprünge sind unbeholfen (Goltz) oder es treten, nach Brown-Séquard Zwangsbewegungen, namentlich in Form von Reitbahnbewegungen (97) ein.

E. Räumliche Schallwahrnehmungen.

343. Entfernung des Schalles.

Indem wir die objectiven Hörempfindungen nach aussen verlegen, beurtheilen wir zunächst unseren Abstand von der Schallquelle. Letztere bringt die Luft in Vibrationen nach allen Richtungen; diese Vibrationen, also auch die von uns empfundenen Schallstärken, werden schwächer mit zunehmender Entfernung der Schallquelle; bei 2, 3 4facher Entfernung sind die Schalle 4, 9, 16 mal schwächer als bei einfacher Entfernung. Wir haben die Intensität der verschiedenen Schalle durch Erfahrung kennen gelernt und schliessen, je nach der Stärke des Eindruckes, auf den Abstand der Schallquelle. Dieses Urtheil steht aber sehr zurück hinter den analogen Leistungen der Augen; Ungenauigkeiten der Empfindung sind desshalb, namentlich bei geringer Aufmerksamkeit, häufig. Ein schwaches, in der Nähe erregtes Geräusch kommt uns als stark vor, wenn wir die betreffende Schallquelle in grösserer Entfernung vermuthen. Beim Erwachen in der Nacht kann man desshalb, ehe man psychisch vollständig gesammelt ist, ein schwaches Geräusch in der Stube auffallend stark hören und dasselbe in die Strasse verlegen.

Wir wären zahlreichen Irrthümern über die Abstände der Schallquellen ausgesetzt, wenn unser Urtheil bloss auf der Intensität der Empfindung beruhen würde. Wir nehmen aber zugleich die Timbres und sonstige auffallende Eigenschaften der Geräusche und Töne, z. B. ihre zeitlichen Successionen, wahr; wir kennen die specifischen Töne der summenden Biene, eines musikalischen Instrumentes, die Aufeinanderfolge der Geräusche bei den Bewegungen eines Thieres u. s. w., sowie die Intensität dieser Schallquellen beim Hören in der Nähe und sind also vor dem Irrthum geschützt, die von der Biene oder der Geige erregten Töne in die Ferne zu verlegen, weil wir wissen, dass diese specifischen Töne an sich relativ schwach sind.

344. Richtung des Schalles.

Wir vernehmen einen Schall am deutlichsten, wenn dessen Schallstrahlen rechtwinkelig auf das Ohr fallen; in diese Linie verlegen wir die Richtung des Schalles. Durch Körper- und Kopfdrehung ist, wenn es sich um genauere Auffassung handelt, die günstigste Stellung des Ohres zur Schallquelle schnell gefunden. Der Schall gelangt dann mit grösserer Stärke in das, dem Ort seiner Entstehung zugewandte Ohr, und wir glauben geradezu, den Schall mittelst dieses allein zu hören. Letzteres ist aber eine Täuschung; es tritt eine Schwächung der Wahrnehmung ein, wenn das der Schallquelle abgewandte Ohr verstopft wird. Dringt dagegen ein Schall gleichmässig in beide Ohren, z. B. von einer vor das Gesicht gehaltenen Schallquelle, so haben wir keine Veranlassung, denselben auf das eine Ohr mehr als auf das andere zu beziehen, wir verlegen dann die Schallquelle in die verlängerte Medianebene des Körpers. Die Wahrnehmung der Richtung des Schalles steht jedoch weit

zurück hinter der analogen Leistung des Sehsinnes. Die Luft im äussern Gehörgang ist wichtig zur Unterscheidung der Schallrichtung (Ed. Weber). Taucht man nämlich unter Wasser, so hört man die Schalle als etwas Aeusseres, kann aber nur unterscheiden, ob sie von rechts oder links herkommen; hat man dagegen vor dem Untertauchen den Hörgang mit Wasser ausgefüllt, so werden die Schalle nicht mehr als ein Aeusseres, sondern im Kopf selbst empfunden.

Ein Schall, der beide Hörorgane, wenn auch ungleich trifft, wird einfach gehört. Die Verschmelzung der Empfindungen beider Organe hat aber ihre Grenzen; man erhält z. B. andere Eindrücke, je nachdem man zwei Uhren von etwas verschieden schnellem Schlage mit einem oder mit beiden Ohren hört (E. H. Weber). Im ersten Fall unterscheidet man die Perioden, wo die Schläge beider Uhren zusammentreffen, und fasst sie als einen sich wiederholenden Rhythmus auf. Wird dagegen vor jedes Ohr eine Uhr gehalten, so unterscheidet man, dass die eine schneller schlägt, aber jener Rhythmus fehlt.

345. Schallempfindungen im Ohr.

Es gibt dreierlei Veranlassungen derselben: I) Aeussere Schalle. Diess ist vor Allem der Fall bei Schallen, die nur durch die Kopfknochen, also auf ungewöhnlichem Wege, zum Ohr geleitet werden. Wird uns z. B. eine tönende Stimmgabel auf den Kopf gesetzt, so verlegen wir den Ton nach aussen; wir hören nämlich auch die Lufttöne der Gabel; verstopfen wir aber beide Ohren, so wird der Ton nicht bloss stärker (335), sondern auch ausschliesslich im Kopf selbst, also nicht mehr als etwas Aeusseres, empfunden. Nach Verschluss von bloss einem Ohr hört man den Ton in demselben entweder ausschliesslich, oder doch viel stärker als in dem freigebliebenen. Diese Tonverstärkung führt Politzer auf physikalische Ursachen zurück, namentlich auf die Behinderung des Abflusses der Schallwellen durch den äusseren Gehörgang und die Verstärkung der Tonschwingungen durch Resonanz der im Grund des verstopften Gehörganges enthaltenen Luft. Bei verstopften Ohren hören wir die eigene Stimme wiederum im Kopf.

II) Im Ohr erregte Schalle (Binnentöne). Hieher gehören, abgesehen von den in 341 erwähnten Trommelfellbewegungen, namentlich die Erschütterung des Felsenbeines durch den Carotisblutstrom; man hört ein anhaltendes, mit jedem Puls anschwellendes Geräusch; wenn der Hörgang verstopft ist oder beim Aufsetzen eines mittönenden, abgeschlossenen Luftraumes, z. B. einer Muschel, oder von Röhren von bestimmter Länge auf das Ohr, kann man diesen oder jenen Ton aus dem Geräuschcomplex verstärkt wahrnehmen.

III) Reizungszustände des Hörnerven selbst oder des Gehirns, bei vollständigem Fehlen objectiver Schalle. Hieher gehören namentlich Abnormitäten der Blutcirculation im Hirn und Labyrinth, in Folge von Blutverlusten, vor dem Eintritt von Ohnmachten, in narkotischen Vergiftungen, bei grosser körperlicher Abspannung (daher oft im Beginn von Krank-

heiten). Auch das, nach lange einwirkenden, monotonen Schallen auftretende Phänomen des Nachtönens ist hieher zu rechnen.

Die Empfindungen der 2. und 3. Categorie werden von Gesunden oder Gehörkranken meistens nicht nach Aussen verlegt; man überzeugt sich in der Regel leicht, dass denselben nichts Aeusseres entspricht; nach Verschluss der Ohren bestehen sie nämlich fort und bei veränderter Stellung des Ohres zur vermeintlichen Schallquelle verändert sich ihre Stärke nicht; auch weichen sie meistens, nach Timbre und sonstigen Eigenschaften, von bekannten äusseren Schallen wesentlich ab. Bei Trübung der Psyche aber können solche subjectiven Empfindungen leicht als objective aufgefasst und mehr oder weniger zu Hallucinationen umgestaltet werden (300).

XIX. Sehen.

346. Leistungen.

Als Organ eines Specialsinnes vermittelt das Auge Lichtempfindungen. Man unterscheidet: 1) Farbiges Licht: Schwingungen des Lichtäthers von bestimmter Häufigkeit erregen in uns Empfindungen bestimmter Farben. 2) Farbloses Licht: das Weiss oder (bei geringer Intensität) Grau. Weiss entsteht z. B. durch das Zusammentreten der Strahlen, wie sie im Sonnenlicht enthalten sind; die Physik zerlegt bekanntlich das Sonnenlicht mittelst des Prisma's in die Spektralfarben und vereinigt die letzteren wieder zu weissem Licht. Ein Körper erscheint uns weiss, wenn er die auf ihn fallenden gemischten Lichtstrahlen des Tageslichtes gleichmässig zurückwirft, roth wenn er vorzugsweis die rothen Strahlen reflektirt, die übrigen aber absorbirt. Die genannten beiden Empfindungsformen verlangen eine gewisse, absolut allerdings nur geringe, Grösse der Lichtstärke, sonst nehmen wir kein gegenständliches Licht wahr; gleichwohl haben wir aber auch im letztern Fall einen positiven Empfindungszustand und unterscheiden demnach als neue Qualität der Farbenempfindungen das 3) Schwarz (Dunkel). Diese Empfindung ist also die Folge von zu geringem Licht; desshalb nennen wir auch einen Körper »schwarz«, wenn er im Tageslicht die auf ihn fallenden Strahlen grossentheils verschluckt und nur zum kleinsten Theil zurückwirft. Wir haben aber die Empfindung des Schwarz auch beim vollständigen Mangel des äusseren Lichtes, was auf eine innere, durch einen beständigen Reizungszustand des nervösen Sehapparates bedingte, Quelle dieser Lichtempfindung schliessen lässt. Das Auge unterscheidet sich demnach von andern Sinnesorganen, dass es auch beim Fehlen äusserer Reize unausgesetzt Empfindungen verschafft.

Die Farben sind specifische Empfindungsformen des nervösen Sehapparates, und die objectiven Ursachen derselben, d. h. die Bewegungen des sog. Lichtäthers, haben nichts gemein mit den Empfindungen, die sie in uns erregen.

Auch die zahlreichen heterologen Reize der Retina, wie Erschütterung, Druck, Elektricität, ferner abnorme Zustände in irgend einem Theil des nervösen Sehapparates, z. B. Störungen des Blutlaufes, kurz Einflüsse, die von dem Licht objectiv durchaus verschieden sind, können ebenfalls (subjective) Licht- und Farbenempfindungen veranlassen.

Als Organ der Generalsinne (Raum- und Zeitsinn) verschafft uns das Auge 1) Raumwahrnehmungen, die dadurch ermöglicht werden, dass die Aussendinge auf der Netzhaut des Auges Bildchen entwerfen. 2) Zeitwahrnehmungen, insofern wir die Netzhauterregungen auch in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge richtig auffassen. Auf dem Zusammenwirken des Raum- und Zeitsinnes beruht die Wahrnehmung der Geschwindigkeit bewegter Gegenstände.

347. Sehwerkzeuge.

Für blosse Lichtempfindungen, z. B. zur Unterscheidung von Hell und Dunkel, genügen einfache Organe, wie die sog. Augenpunkte der Ringelwürmer, Seesterne, Quallen u. s. w. Sie bestehen in Pigmentanhäufungen an der Peripherie eines lichtempfindenden Nerven.

Das Formensehen dagegen verlangt eigenthümliche dioptrische Werkzeuge: Augen, die in allem Wesentlichen viel übereinstimmender gebaut sind, als es auf den ersten Blick den Anschein hat. Vor der den Lichtreiz aufnehmenden Nervenhaut sind durchsichtige, lichtbrechende Medien gelagert. Diese bewirken 1) dass die Lichtstrahlen, welche ein leuchtender Objectpunkt in das Auge sendet, auf einem bestimmten Punkt der Netzhaut vereint werden; sie verhüten also 2) dass ein Netzhautpunkt Licht von verschiedenen Punkten der Aussenwelt empfängt und ermöglichen dadurch das Zustandekommen deutlicher Netzhautbildchen der Gesichtsobjecte. Endlich ist 3) durch die Vereinigung der von einem Objectpunkt ins Auge gelangenden Lichtstrahlen auf einen Netzhautpunkt für die gehörige Lichtmenge gesorgt.

Die zur Aufnahme der Lichtstrahlen bestimmte Retina zeigt einen in hohem Grade zusammengesetzten Bau (Hannover, Pacini, H. Müller, M. Schultze). Die äusserste Retinaschicht wird gebildet von den sog. Stäbchen und Zapfen, die innerste Retinalage dagegen von den ausstrahlenden Fasern des Sehnerven. Beide Schichten hängen, wie zuerst H. Müller wahrscheinlich machte, durch Zwischenorgane, hinsichtlich welcher auf die Lehrbücher der mikroscopischen Anatomie verwiesen wird, mit einander zusammen. Die Stäbchen und Zapfen, nicht aber die eigentlich nervösen Elemente der Netzhaut: die Opticusfasern, sind die lichtaufnehmenden Organe; denn 1) der gelbe Fleck, der empfindlichste Theil der Netzhaut, enthält keine Nervenfasern, sondern vorzugsweis Zapfen. 2) Die seitlich gelegenen Netzhautbezirke sind weniger empfindlich; hier nehmen die Zapfen bedeutend ab. 3) Im In-

sektenauge sind nur die Stäbchen dem Licht ausgesetzt, die Nervenfasern dagegen durch Pigment vor Lichtzutritt geschützt. Weitere Beweise s. 393 und 435.

Das zusammengesetzte Auge der Insekten besteht aus einer ungeheuren Zahl einfacher Augen, die übrigens in allem Wesentlichen ebenso gebaut sind und dasselbe leisten, wie die einfachen Augen der höhern Thiere. Jedes Einzelauge besteht nämlich 1) aus einem dioptrischen Apparat (facettirte Hornhaut und stark lichtbrechender sog. Krystallkegel) und 2) einem lichtaufnehmenden Apparat, einem stäbchenförmigen Gebilde, welches das hintere Ende des Krystallkegels mit einer Sehnervenfaser verbindet. Alle übrigen optisch denkbaren Vorrichtungen sind physiologisch unmöglich, weil die Netzhautbildchen zu lichtschwach wären.

A. Hülfsapparate.

348. Schutzorgane.

I. Auglider. Die Bewegungen derselben sind willkürlich oder reflectorisch; das reflectorische Schliessen erfolgt, im Vergleich mit anderen Reflexbewegungen, besonders schnell. Die Verkleinerung, resp. Schliessung, der Lidspalte (M. orbicularis palpebr. innervirt vom N. facialis) geschieht überhaupt rascher als deren Vergrösserung, resp. Oeffnung (M. levator palpebrae sup. abhängig vom N. oculomotorius).

H. Müller entdeckte in beiden Augenlidern, namentlich dem unteren, organische Muskelfasern, die als Eröffner wirken. Dieselben werden vom Sympathicus innervirt, wesshalb die bezüglichen Bewegungen mit einer gewissen Langsamkeit erfolgen; nach Reizung des Halssympathicus wird die Lidspalte weiter (Wagner), nach Durchschneidung aber enger.

II. Die Befeuchtungsmittel erleichtern die Bewegungen des Augapfels und ersetzen den Verdunstungsverlust der Bindehaut. 1) Das Secret der Meibom'schn Drüsen dient als Einölungsmittel; 2) Schleimsecret der Bindehaut und zwar vorzugsweis der traubigen Drüschen derselben; 3) Thränen. Sie sind das stärkste dieser Secrete; jedoch ist die Feuchtigkeit der Bindehaut nach Ausschneidung der Thränendrüsen keineswegs aufgehoben. Die Thränen sind wasserhell, schwach alkalisch, trüben sich etwas beim Kochen (kleiner Eiweissgehalt) und führen etwa 1 % Fixa (darunter die Hälfte Aschenbestandtheile, besonders Chlornatrium und Phosphate). Bei Reizung des Lacrymalnerven im Hunde beobachtete Herzenstein vermehrte Thränenbildung; nach Durchschneidung des Nerven ist die continuirliche Absonderung nicht aufgehoben, wohl aber die sogleich (unter 1 und 2) zu erwähnenden Reflexe. Von entfernten Ursachen, welche die Thränensecretion bestimmen, sind hervorzuheben: 1) Reizungen im Gebiete des Trigeminus überhaupt (besonders der Bindehaut, Nasenschleimhaut, auch Zunge u. s. w.), 2) helles Licht, 3) psychische Einflüsse als Veranlassungen des, verschiedene Gemüthszustände begleitenden, Weinens, 4) Hemmung des venösen Rückflusses vom Kopf (anhaltendes Lachen, Husten, Brechen u. s. w.). Die Augenfeuchtigkeiten werden, bei mässiger Secretion, sowohl durch Verdunstung als durch Ueberleitung in die Nasenhöhle entfernt, indem bei geschlossenen Auglidern der Druck des Musc. or-

bicularis palp. die am inneren Augenwinkel angesammelte Flüssigkeit in den Thränensack treibt. Beim Einbringen eines feinen Manometerröhrchens in die Oeffnung einer Thränensackfistel steigt nach Stellwag die Flüssigkeit im Röhrchen während des Augenlidschlusses.

349. Augenbewegungen.

Das Sehfeld eines Auges umfasst in wagrechter Richtung 130—140, in senkrechter 110 Grade; vollkommen deutlich erscheint uns aber nur der kleine Bezirk, dessen Netzhautbildchen auf den gelben Fleck fällt. Eine von der Mitte des letzteren bis zur Mitte der Hornhaut gezogene Gerade heisst Sehaxe (optische Axe), in deren Verlängerung (s. jedoch 370) der am deutlichsten, d. h. direct gesehene Punkt des Sehfeldes liegt. Die übrigen, indirect gesehenen Bezirke des Sehfeldes sind weniger deutlich (392); desshalb muss die Sehaxe schnell auf jedweden Punkt des Sehfeldes eingestellt werden können.

Die Messung der Ausdehnung des Sehfeldes ist mit gewissen Schwierigkeiten verbunden, weil die Grenzen desselben (s. 392) nicht scharf contourirt sind. Förster benützt zu diesem Zweck einen schwarzen Halbring von Metall, der in seiner Mitte (dem Nullpunkt) um eine wagrechte Axe drehbar ist; vom Nullpunkt aus ist jede Hälfte in 90 Grade getheilt. Ein kleiner Läufer, der auf dem Ring verschiebbar ist, trägt ein kleines weisses Viereck. Fixirt man den Nullpunkt, so wird das weisse Viereck, als Object des indirekten Sehens, in jede Lage im Sehfeld gebracht durch Drehung des Halbrings um seine Axe und Verschiebung des Läufers.

Die Einstellung geschieht mittelst Drehungen des Körpers, Bewegungen des Kopfes, oder endlich vermöge der sehr schnellen Augenbewegungen. Die sehr nervenreichen äusseren Muskeln des Augapfels sind dem Willen in hohem Grade unterthan. Die Ruhelage (Primärstellung) des Auges ist mit der geringsten Muskelthätigkeit verbunden; sie wird immer beibehalten, wenn man keinen bestimmten Gegenstand fixirt. Alsdann sind die Sehaxen beider, (als normalsichtig angenommenen) Augen parallel mit der Medianebene des Kopfes und in der Mitte zwischen ihrer grössten Hebung und Senkung, der Kopf mag eine Neigung gegen den Horizont haben, welche er wolle. Demnach sind die Sehaxen bei aufrechter Haltung des Kopfes horizontal und gerade nach vorwärts gerichtet.

Das Auge kann annähernd als Kugel betrachtet werden; dasselbe ist demnach zu sämmtlichen einer Kugel möglichen Drehungen um unendlich viele Axen befähigt, wobei immer ein im Kugelcentrum liegender Punkt unbeweglich bleibt: der sog. Drehpunkt (das Genauere s. § 369). Legt man durch den Augapfel nach den Hauptdimensionen des Raumes 3 Axen rechtwinkelig zu einander, so zwar, dass die eine der letzteren, nämlich die Tiefenaxe, mit der Sehaxe zusammenfällt, so liegen die beiden andern: die Höhenaxe und Queraxe in der Ebene, welche rechtwinkelig auf der Sehaxe steht und zugleich den Drehpunkt einschliesst. In der Ruhelage fallen diese 3 Axen zusammen mit 3 analogen Axen, die man durch die Orbita so zieht, dass sie sich

wiederum im Augendrehpunkt schneiden: orbitale Tiefen- Höhen- und Queraxe.

350. Augenmuskeln.

Wir betrachten die 6 Augenmuskeln zunächst in ihrer gesonderten Thätigkeit, wobei jedesmal die Ruhelage als Ausgangsstellung vorausgesetzt wird. Je zwei Augenmuskeln stehen unter sich im Antagonismus und rollen das Auge um eine gemeinsame Drehungsaxe.

I) Die M. m. rectus internus und externus drehen das Auge ein- und auswärts, also um die orbitale Höhenaxe. II) Die M. m. rectus superior (*r s* Fig. 67) und inferior dagegen rotiren das Auge nicht genau um die Queraxe (II—II Fig. 67), wohl aber um die, derselben genäherte, von innen und vorne nach aussen und hinten gezogene Axe II′—II′. Der rectus superior bildet mit der Tiefenaxe (Sehaxe) *SS* einen Winkel von 19°. III) In vielen Thieren, deren Augen so divergiren, dass sie nur ein geringes oder selbst gar kein gemeinsames Sehfeld haben, verlaufen die M. m. obliqui, annähernd oder selbst vollkommen rechtwinkelig gegen die Tiefenaxe; ihre Drehaxe fällt in letzterem Fall mit der Sehaxe zusammen. Die Obliqui, für sich allein, würden demnach sog. Raddrehungen des Auges bewirken und zwar der Obliquus superior die Raddrehung nach innen, der Obliquus inferior die nach aussen.

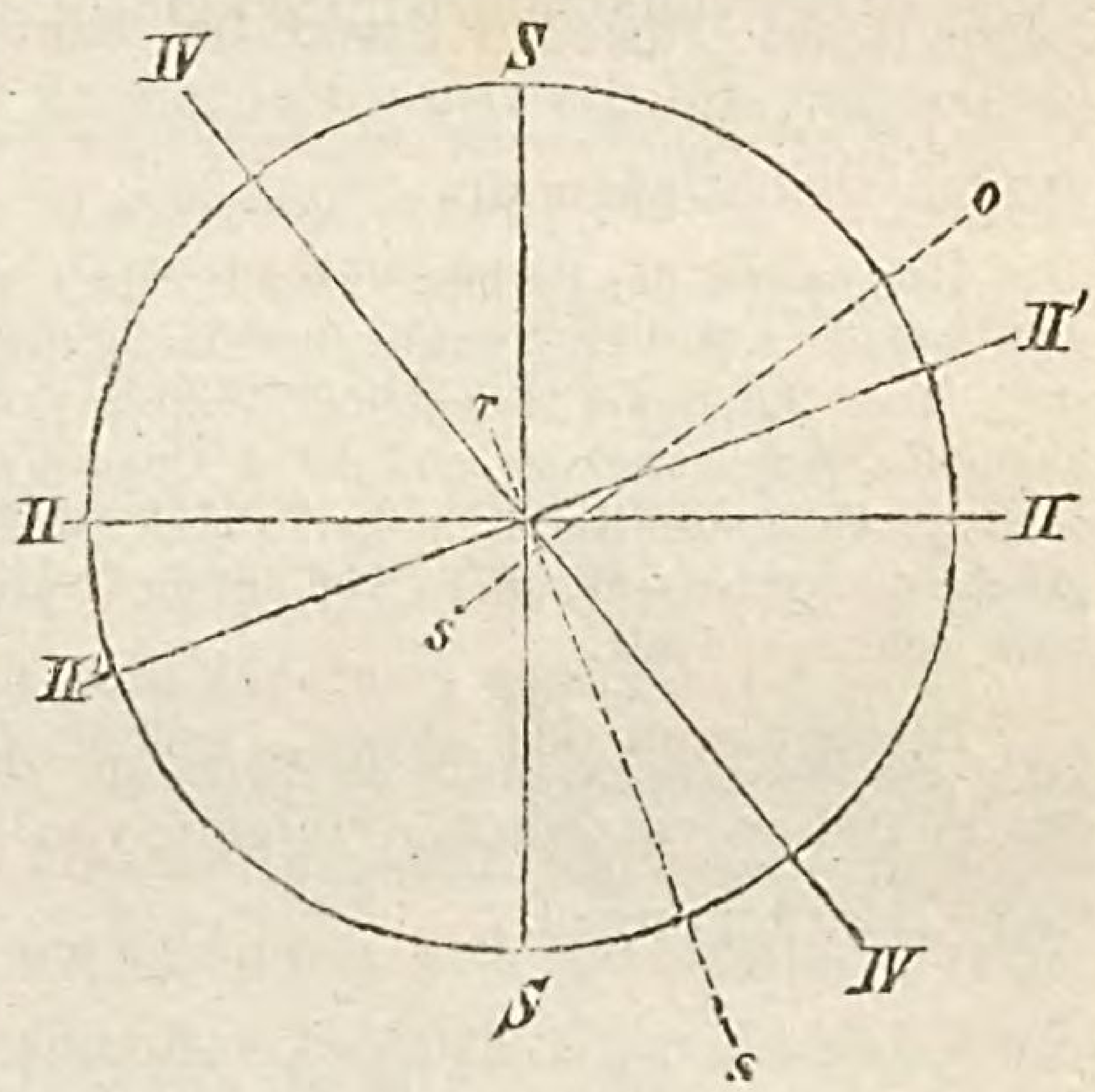


Fig. 67.
Obere Hälfte des linken Auges.
Die obere Hälfte der Figur stellt die beiden vorderen oberen Quadranten des Bulbus dar.

Der M. obliquus superior wirkt in der Richtung seiner Sehne von *o* nach *s* (Fig. 67). Die Sehne befestigt sich in *s*, am äusseren, hinteren, oberen Quadranten des Augapfels. Der M. obliquus inferior inserirt am äusseren, hinteren, unteren Quadranten. Beide Zugkräfte liegen (ungefähr) in einer und derselben senkrechten Ebene, die einen Winkel von etwa 52° mit der Tiefenaxe bildet. Zieht man eine Gerade rechtwinklig auf diese Ebene durch den Drehpunkt, so hat man die Drehaxe der Obliqui (IV—IV), welche horizontal nach rückwärts und einwärts geht und mit der Sehaxe einen Winkel von 38° bildet. Der Obliquus superior für sich allein würde das vordere Ende der Sehaxe nach abwärts und auswärts richten, der Obliquus inferior dagegen die Aufwärts- und Auswärtseinstellung besorgen. Mit beiden Bewegungen (die auch je 2 benachbarten Recti möglich wären) verbinden sich aber schwache Raddrehungen in dem oben angegebenen Sinn; die Drehaxe der Obliqui kommt der orbitalen Tiefenaxe wenigstens viel näher als die Axen der Recti.

Bei Lähmungen einzelner Augenmuskeln tritt überhaupt die Wirkung der unversehrt gebliebenen deutlich hervor. In Folge der Oculomotoriuslähmung z. B. kann der Kranke nur mit Hülfe des M. obliquus superior nach abwärts sehen, wobei aber die Sehaxe zugleich nach auswärts neigt (Gräfe).

Halbseitige Trennung einer Kleinhirnhemisphäre, der Brücke, eines Grosshirnschenkels u. s. w. verursachen Herumrollen des Augapfels oder regelwidrige Stellung desselben, indem er in einer bestimmten Lage verharrt.

Die Augenbewegungen können nur begriffen werden im Zusammenhang mit ihrer Aufgabe für den Sehakt. Vor allem handelt es sich um Beherrschung des Sehfeldes und gehöriges Zurechtfinden in demselben. Die Sehaxe muss auf jeden beliebigen Punkt des Sehfeldes eingestellt werden können. Mit dieser Einstellung ist jedoch die Lage des Augapfels noch nicht genügend bestimmt; derselbe könnte bei jeder Richtung der Sehaxe noch sehr verschiedene Stellungen annehmen, indem er sich um die Sehaxe dreht, d. h. sogenannte Radbewegungen vollführt. Donders zeigte, dass mit bestimmten Richtungen der Sehaxe bestimmte Grade von Raddrehung unabänderlich verbunden sind; dabei ist es vollkommen gleichgültig, welche Stellung der Kopf hat und es kommt nur auf die Lage der Sehaxe in der Augenhöhle d. h. deren Stellung zu den Orbitalaxen an.

Drehungen des Bulbus ausschliesslich um die Sehaxe, also reine sog. Radbewegungen des Auges ohne Veränderung der Lage der Sehaxe kommen beim normalen Sehen nicht vor. Das Netzhautbildchen des Viereckes *aa*, Fig. 68, welches sich in der eben vorhandenen Augenstellung auf die 4 Quadranten der Retina gleichmässig vertheilt, würde nach geschehener Raddrehung, durch welche der Meridian *vv* z. B. in die Lage *v'v'* gebracht worden sei, bloss auf andere Netzhautstellen fallen, der Fixationspunkt würde also nicht geändert.

Bewegungen des Auges, welche die Sehaxe auf einen beliebigen Punkt des Sehfeldes einstellen, erfolgen, von der Ruhelage aus, ohne (351) oder mit (352) Raddrehungen.

351. Augenbewegungen ohne Raddrehung.

Figur 68 stelle die hintere Halbkugel des gerade nach vorn gerichteten Bulbus von hinten gesehen dar; *vv* sei die verticale Trennungslinie, welche die Retina in eine rechte und linke Hälfte theilt, *hh* die horizontale Trennungslinie der oberen und unteren Retinahälfte. Beide Linien kreuzen sich in der Mitte des gelben Fleckes, und scheiden die Netzhaut in 4 Quadranten. In der Ruhelage (Primärstellung) liegen die horizontale Trennungslinie der Netzhaut und die orbitale Tiefen- und Queraxe in derselben Ebene. Von dieser Lage aus könnte die Sehaxe auf jeden Sehfeldspunkt eingestellt werden mittelst Augenbewegungen ohne Raddrehungen;



Fig. 68.

wir hätten also 1) Auf- und Abwärtsbewegungen des Auges, resp. des Vordertheils der Sehaxe, als Rotationen des Bulbus um die Queraxe; 2) reine Ein- und Auswärtsbewegungen, als Rotationen um die Höhenaxe und 3) unendlich viele Bewegungen in Mittelrichtungen, als schräge Bewegungen der Sehaxe,

wodurch letztere auf irgend einen Punkt der 4 Sehfeldsquadranten eingestellt wird. Jede schräge Bewegung lässt sich zurückführen, entweder 1) auf eine Rotation um die Quer- und sodann um die Höhenaxe, oder, was dasselbe ist, 2) auf eine Rotation um eine einzige, constante, zwischen jenen 2 Hauptaxen gelegene Axe. Bei diesen Bewegungen ist somit jedwede gleichzeitige Drehung des Auges um die Sehaxe ausgeschlossen; die Drehaxe liegt in der Ebene, in welche Höhen- und Queraxe fallen; die Sehaxe bewegt sich rechtwinkelig zur Drehaxe, alle Punkte des Auges rotiren in parallelen Ebenen, die vertikalen Trennungslinien beider Netzhäute stehen immer rechtwinkelig auf der sog. Visirebene (d. h. der Ebene, welche beide Sehaxen und den fixirten Punkt einschliesst) und die horizontalen Trennungslinien liegen in der Visirebene selbst. Die betreffenden Stellungen kann man als Secundärstellungen bezeichnen.

Hieher gehören bloss: 1) die, von der Primärstellung aus geschehenden Bewegungen nach Auf- und Abwärts, wobei die vertikale Trennungslinie aus der Ebene *vv* (Fig. 68) nicht heraustritt und 2) die Bewegungen nach Rechts und Links, bei denen die horizontale Trennungslinie in der Ebene *hh* verbleibt. Dabei ist Parallelismus beider Sehaxen vorausgesetzt.

352. Augenbewegungen mit Raddrehung.

Diese Bulbusbewegungen kann man zerlegen in Drehungen 1) um die Höhen- und Queraxe und sodann 2) um die optische Axe selbst. Diese neuen Augenstellungen heissen Tertiärstellungen.

Zur Messung der um die optische Axe erfolgenden Drehungen benützt man nach Rüte's Vorgang die Veränderungen der Stellungen der Blendungsbildchen des Auges. Betrachtet das Auge in der Primärstellung z. B. eine schmale rothe wagrechte Linie und geht dann, ohne dass die Kopfstellung verändert wird, auf einen anderen Punkt des Sehfeldes über, so erscheint ein (s. 425) grünes Nachbild der Linie. Das Nachbild bleibt (nach 351) genau wagrecht, wenn man gerade nach oben oder unten (Richtung *v—v* der Figur) oder horizontal nach rechts oder links (*h—h*) blickt. Blickt man aber nach rechts und oben oder nach links und unten, so ist (s. Figur 69) das linke Ende des Nachbildes tiefer; sieht man in der Richtung der beiden anderen Quadranten des Sehfeldes, so ist das rechte Ende des Nachbildes tiefer. Im ersten Fall ist das Nachbild nach links, im zweiten nach rechts gedreht, Drehungen, die genau den Drehungen der horizontalen Trennungslinien der Netzhaut selbst entsprechen. Alle Theile des Auges haben sich also um die Sehaxe, wie ein Rad um seine Axe gedreht.

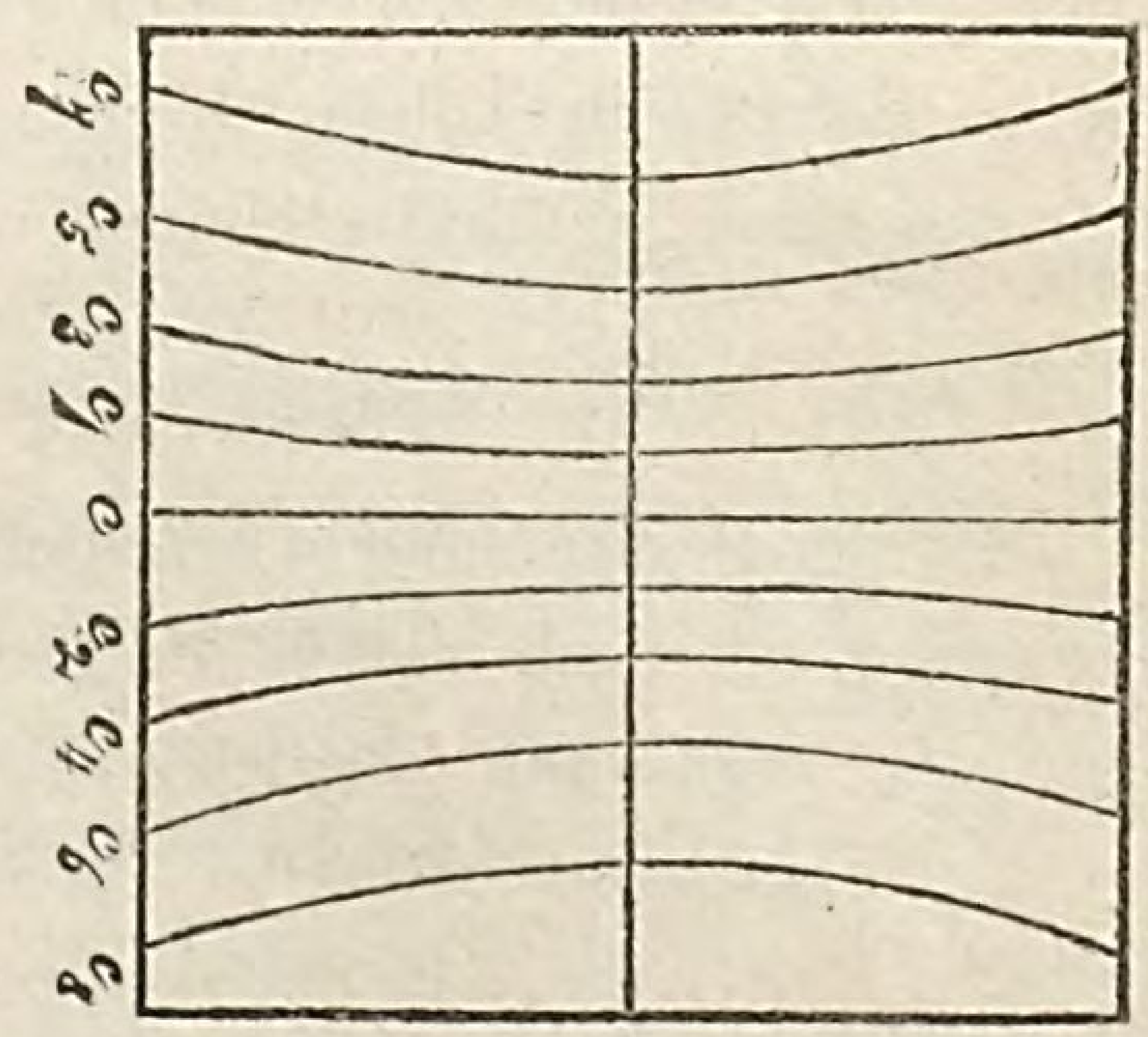


Fig. 69.

In der Primärstellung befindet sich die Sehaxe normal über dem Mittelpunkt der Horizon-

talen c, Fig. 69, sodass die horizontale Linie c sich auf der horizontalen Trennungslinie der Netzhaut abbildet. Die linke Hälfte von c^7 entspricht der stärksten Drehung des Auges nach links und oben, die rechte Hälfte von c^8 der stärksten Drehung nach rechts und unten u. s. w.

Die Grösse der Raddrehung nimmt zu mit der Zunahme der seitlichen Abweichung und der Erhebung, resp. Senkung der Sehaxe. In den extremsten Stellungen kann die Drehung mehr als 10° betragen. Die Nachbilder der Figur bilden 2, durch c getrennte Systeme von Hyperbeln, deren Scheitel in der durch die Mitte der Figur gezogenen senkrechten Linie liegen und deren Krümmungen um so grösser werden, je mehr die Einstellung des Auges sich von c entfernt.

Das den Augenbewegungen zu Grund liegende Gesetz hat zuerst Listing formulirt: wird nämlich die Sehaxe aus der Primärstellung in irgend eine andere Stellung gebracht, so ist die Raddrehung, welche der Augapfel in dieser neuen Stellung einnimmt eine solche, als wäre derselbe um eine durch den Drehpunkt gelegte feste Axe gedreht worden, die zur ersten und zweiten Richtung der Sehaxe senkrecht steht. Bisher wurde Parallelismus beider Sehaxen, also das Sehen in die Ferne angenommen. Convergiren dagegen die Sehaxen, so treten Abweichungen von obigen Normen ein, die um so grösser sind, je mehr die Convergenz zunimmt, und die vorerst keine allgemeine Formulirung der Erfahrungen der bisherigen Beobachter (Meissner, Volkmann, Helmholtz, E. Hering) gestatten.

Das Auge hat also bei jeder Richtung, welche wir der Sehaxe willkürlich geben, eine bestimmte Lage, welche vom Willen vollkommen unabhängig ist und die auch von uns nicht etwa willkürlich verändert werden kann; charakterisirt ist diese Lage durch die Neigung der horizontalen Trennungslinie gegen die Visirebene. Demnach wird bei jeder gegebenen Richtung der Sehaxe und der damit unabänderlich verbundenen Grösse der Raddrehung z. B. eine senkrechte Linie, die durch den Fixationspunkt geht, immer auf demselben Netzhautmeridian sich abbilden. Bei jeder Augenstellung sind somit gewisse Bulbusmuskeln mehr oder weniger activ verkürzt, andere passiv gedehnt; die damit verbundenen Muskelgefühle erleichtern die Beurtheilung der Richtung unserer Sehaxe in hohem Grade. Mit jeder Augenstellung ist also ein bestimmtes Muskelgefühl verbunden.

353. Axenwechsel bei der Augenbewegung.

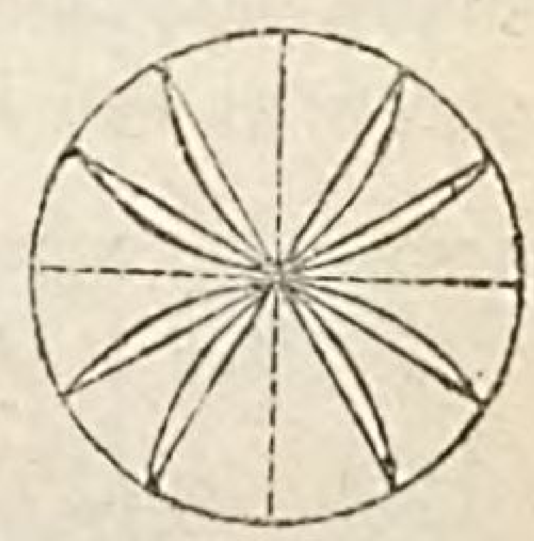
Mit der Bestimmung der Augenstellung am Beginn und Ende einer Augenbewegung ist noch nichts ausgesagt über den Verlauf der Bewegung selbst; denn das Auge kann möglicher Weise den Uebergang von einem Sehfeldspunkt zu einem anderen entweder direkt oder auf irgendwelchen Umwegen ausführen. Man nahm an, der gerade Weg werde immer eingeschlagen, d. h. im Verlauf der Bewegung werde eine und dieselbe Drehaxe beibehalten, und betrachtete die Unveränderlichkeit der Drehaxe als wesentliches Unterstützungsmittel für die Thätigkeit der Augenmuskeln. Man kann sogar, mit Listing, für die in beiden vorigen §§ erörterten Augendrehungen annehmen, dass das

Auge beim Uebergang aus der Primärstellung in irgend eine andere Stellung um eine feste Axe rotirt werde, welche (durch den Augendrehpunkt gezogen) auf der ersten und zweiten Richtung der Sehaxe senkrecht steht.

Die Erfahrung bestätigte aber für die Mehrzahl der Augenbewegungen eine solche Einfachheit der Verhältnisse nicht: die Sehaxe macht (in der Regel, s. unten) Bogenlinien beim Uebergang aus einer Augenstellung in eine andere; auch können wir die Umrisse einer sehr unregelmässigen Figur leicht und schnell mit dem Blick umgehen. In beiden Fällen findet also ein beständiger und schneller Wechsel der Drehaxe statt.

Zur Ermittelung des Ganges der Sehaxenbewegung dienen folgende Methoden: 1) Man beobachtet die successiven Stellungen der Blendungsbildchen (352), Rüte. 2) Man zieht zwischen 2 Punkten des Sehfeldes Bogenlinien von verschiedener Grösse und Gestalt. Diejenige Bogenlinie, welche die Sehaxe am »Ungezwungensten« fixirend verfolgt, ist die, welche die Sehaxe einschlagen würde bei freier, ihr nicht vorgeschriebener Bewegung (Wundt). Dieser Versuch wird zweckmässig in der Art modificirt, dass man wiederum zwischen 2 Punkten mehrere Bogenlinien zieht und diejenige Linie, welche in gleichen Zeiten am häufigsten von den Augenbewegungen hin und her durchlaufen wird, als die gesuchte betrachtet.

Nach Wundt wird, von der Ruhelage aus, der gerade Weg bloss dann eingeschlagen, wenn die beiden Punkte des Sehfeldes, welche nach einander betrachtet werden sollen, senkrecht oder horizontal gegen einander gestellt sind; in diesen Fällen bewegt sich also das Auge um eine constante, feste Axe. Bei allen anderen Richtungen beschreibt aber die Sehaxe Bogenlinien, und zwar geschieht die Bewegung nach Aussen in Bogen, die nach Aussen convex sind, die Bewegung nach Innen in Bogen, deren Convexität nach Innen gerichtet ist. Am stärksten ist die Bogenkrümmung der von der Sehaxe beschriebenen Linie, wenn die 2 Punkte des Sehfeldes einen Winkel von 45° gegen den Horizont bilden (s. Fig. 70).


Fig. 70.

Vielleicht ist hierin dem Auge eine gewisse Freiheit verstattet, immer aber, die vollführte Bewegung mag gewesen sein, welche sie wolle, ist das Auge, nachdem die Sehaxe eingestellt ist, in einer bestimmten Lage zur Sehaxe.

354. Zusammenwirkende Muskeln eines Auges.

Nach der Darstellung der wirklich vorkommenden Bewegungen kann nunmehr auf die Augenmuskeln eingegangen werden. Man macht dabei die Voraussetzung, es seien, während jedes Zeittheils einer Bewegung, jeweils diejenigen Muskeln thätig, deren Insertionspunkte sich nähern, unthätig dagegen diejenigen, deren Insertionspunkte sich von einander entfernen; Rüte's Ophthalmotrop versinnlicht diese Verhältnisse; elastische Schnüre sind an einer frei rotirenden Kugel in Richtungen befestigt, welche dem Verlauf der Augenmuskeln entsprechen. Die an einer Scala abzulesenden Verkürzungen und Verlängerungen der Schnüre drücken demnach den Grad der Verkürzung oder Dehnung aus, welche die Muskeln während einer bestimmten Augenbewegung erfahren. Je nach der Richtung der Sehaxe sind 1, 2 oder 3 Muskeln thätig.

	Richtung der Sehaxe.	Thätige Muskeln.	Richtung der Sehaxe.	Thätige Muskeln.	
1 Muskel ist thätig	nach einwärts:	M. rectus internus	einwärts und aufwärts	Rectus internus, Rectus superior, Obliquus inferior	3 Muskeln sind thätig.
	nach auswärts:	M. rectus externus	einwärts und abwärts	Rectus internus, Rectus inferior, Obliquus superior	
2 Muskeln sind thätig	nach aufwärts:	M. rectus superior u. obliquus inferior	auswärts und aufwärts	Rectus externus, Rectus superior, Obliquus inferior	
	nach abwärts:	M. rectus inferior u. obliquus superior	auswärts und abwärts	Rectus externus, Rectus inferior, Obliquus superior	

Sind 3 Muskeln zugleich thätig, so kommen nach Obigem je 2 benachbarte Recti zur Wirkung und ausserdem bei den Aufwärtsbewegungen der Obliquus inferior, bei den Abwärtsbewegungen der Obliquus superior.

354a. Gleichmässigkeit der Innervation auf beiden Augen.

Beide Augen können nicht unabhängig von einander bewegt werden; wir können z. B. nicht das eine heben, während wir das andere senken. Das eine Auge folgt den Bewegungen des anderen auch dann, wenn es verdeckt wird, oder gänzlich erblindet ist, also auch dann, wenn es zum Sehen **nichts beiträgt.** Bei Lähmung einzelner Augenmuskeln kann der Kranke beim einäugigen Sehen jedes Auge **für sich** auf gewisse Sehfeldspunkte einstellen; dieses gelingt ihm aber nicht beim Gebrauch **beider** Augen. Da in letzterem Fall die verlängerten Sehaxen sich nicht im direkt zu sehenden Aussenpunkt schneiden, so entstehen, wenigstens in der Anfangszeit der Krankheit, lästige Doppelbilder (415); beide Augen bewegen sich also selbst dann zusammen, wenn die Bewegungen den Sehakt entschieden stören. Auch erfolgen die unwillkürlichen Bewegungen des krankhaften Augenzittern's (Nystagmus) in beiden Augen gleichzeitig und in analoger Weise.

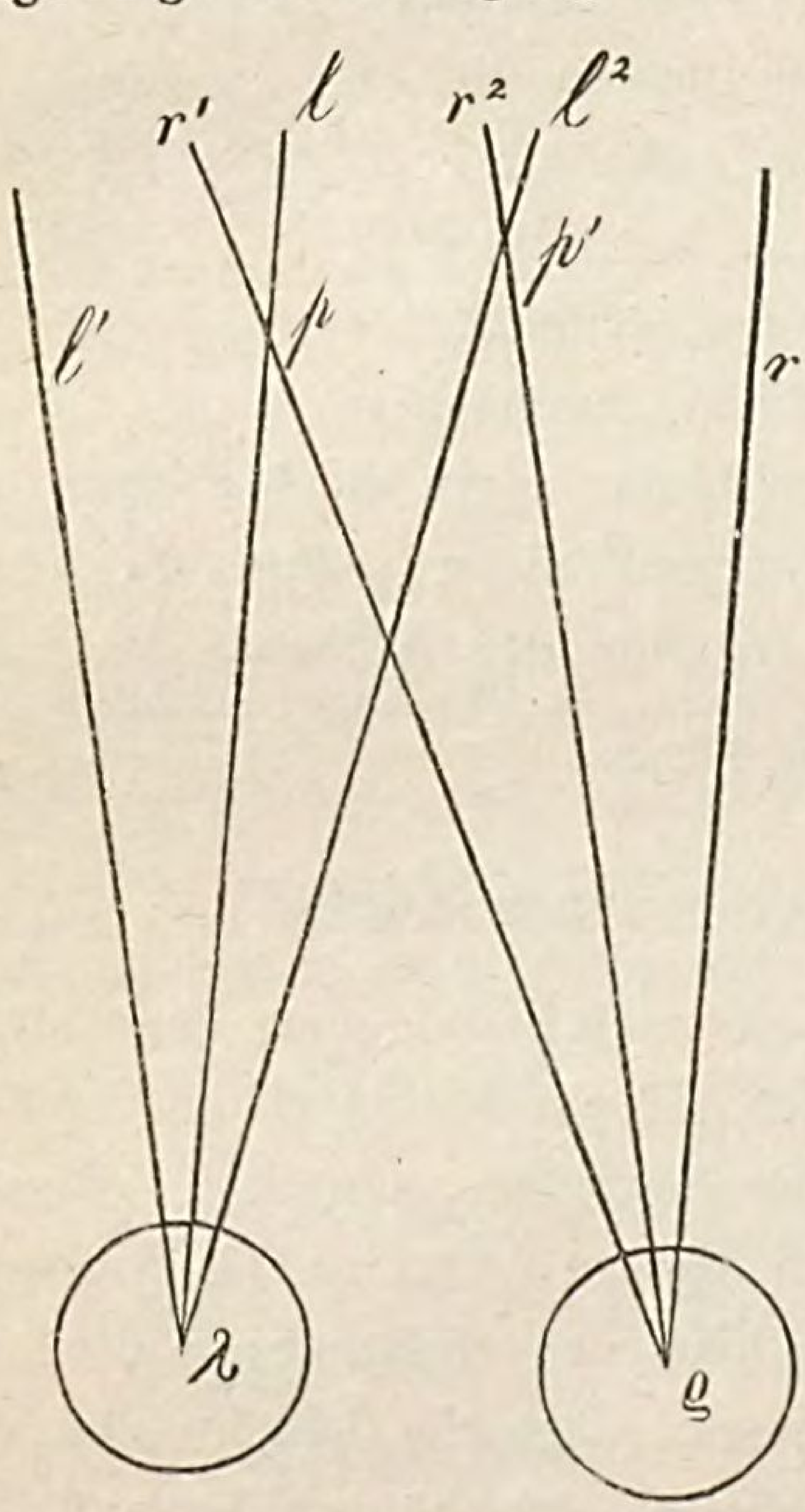


Fig. 71.

Die Bewegungen des Auges unterliegen somit einem gewissen Zwang, der, nach J. **Müller** auf angeborenen Einrichtungen beruht. E. **Hering** erweiterte diese Auffassung der Zusammengehörigkeit der beiderseitigen Augenbewegungen durch die Aufstellung des Principes der **Gleichmässigkeit der Inner-**

vation beider Augen. Wenn beispielsweise beide Sehaxen λl und ϱr Fig. 71 parallel sind und der Blick auf den nahen Punkt p, der in der Sehlinie λ—l liegt, gerichtet werden soll, so hat bloss das rechte Auge eine Bewegung auszuführen, d. h. die Sehlinie ϱ—r muss nach ϱ—r' übergeführt werden. Hier ist scheinbar bloss das rechte Auge innervirt; nach E. Hering findet aber unter allen Umständen eine gleichstarke Innervation beider Augen statt, und zwar: 1) eine Innervation zur Vergrösserung der Augenconvergenz; diese Innervation würde die Sehlinien nach ϱr^2 und λl^2 führen, also auf Punkt p' einstellen, der annähernd so weit absteht wie p; 2) eine Innervation zur Einstellung auf p; d. h. das rechte Auge wird von $\varrho p'$ auf ϱp geführt, während das linke Auge um gleichviel nach links gewälzt, also für die Einstellung $\lambda l'$ innervirt wird. Da aber $\sphericalangle l' \lambda p = \sphericalangle p \lambda p'$, so muss das linke Auge ruhig bleiben. Im rechten Auge ist demnach bloss der Rectus internus, im linken aber Rectus internus und externus gleichmässig thätig; das linke erhält also gleichzeitig 2 einander direkt entgegenwirkende, gleichstarke Impulse und bleibt daher ruhig, während im rechten die beiden gleichstarken Impulse eine gleichsinnige Bewegung veranlassen, wodurch dieses Auge doppelt so weit ($\sphericalangle r \varrho p$) nach links bewegt wird, als dasselbe durch jeden einzelnen Impuls ($\sphericalangle r \varrho p'$ und $\sphericalangle p' \varrho p$) für sich nach links getrieben würde.

Zum Beweis für die in obigem Beispiel stattfindende Innervation der Antagonisten des linken Auges führt E. Hering an: dass dasselbe leise Hin- und Herbewegungen wirklich ausführt.

Adamük zeigte unlängst, dass die beiderseitigen Augenmuskeln gemeinsame motorische Centren in den vorderen Vierhügeln (und dem Boden der Sylvi'schen Wasserleitung) haben. Reizung der verschiedenen Punkte eines vorderen Vierhügels veranlasst Bewegungen in verschiedenen Richtungen, aber immer auf beiden Augen zugleich; wird die Reizung längere Zeit fortgesetzt, so dreht sich auch der Kopf in demselben Sinne. Werden durch einen tiefen Schnitt beide vorderen Vierhügel getrennt, so beschränkt sich die Bewegung auf das Auge der gereizten Seite.

Reizung des rechten vorderen Vierhügels bewegt nach Adamük beide Augen nach links; Reizung des linken Hügels dagegen nach rechts. Diese Bewegungen verbinden sich 1) mit Aufwärtsbewegungen, wenn eine der Medianebene näher liegende, 2) mit Abwärtsbewegungen, wenn eine laterale Stelle der Oberfläche eines vorderen Vierhügels gereizt wird. Gleichzeitige Reizung beider Hügel veranlasst Zittern (Nystagmus) beider Augen.

355. Iris und Pupille.

Die Iris, vermöge des Pigmentbeleges an ihrer Hinterwand, schützt die Netzhaut vor zu grellem Licht und hält die Lichtstrahlen ab vom Rand der Linse. Das Sehloch ist übrigens nicht genau in der Mitte der Iris, sondern etwas nach einwärts gerückt. Der, in der Leiche im Mittel etwa 6 Millimeter betragende, Pupillendurchmesser zeigt im Lebenden bedeutende Schwankungen. Die Verengerung der Pupille wird bewirkt durch die, am Annulus minor iridis

befindliche kreisförmige Muskelschicht, die Erweiterung dagegen durch die radiären Muskelfasern der Iris. Die Irismuskulatur des Vogels gehört zum animalischen System, desshalb verändert sich die Vogelpupille sehr schnell. Langsamer erfolgen die Bewegungen im Säugethier, dessen Iris organische Muskelfasern besitzt; immerhin sind aber die Irisbewegungen schneller als diejenigen anderer glatten Muskelfasern. Die Verengung der Pupille geschieht schneller als die Erweiterung.

Iris und Pupille erscheinen grösser und der Hornhaut näher, als den natürlichen Verhältnissen entspricht; bringt man aber das Auge unter Wasser, so ist die Hornhaut beiderseits von Flüssigkeiten von nahezu gleichem Brechungsvermögen umgeben und die Täuschung verschwindet.

Drei Nerven geben Zweige für die Iris ab; diese treten zunächst zusammen zur Bildung des Ciliarganglions, welches in zwei Bündeln eine Anzahl Nervi ciliares breves entlässt, die die Sclerotica durchbohren, zwischen dieser und der Choroidea nach vorn verlaufen und vorzugsweise den Ciliarmuskel (Tensor choroideae) und die Iris versorgen. Man unterscheidet 3 sog. Wurzeln des Ciliarganglions: 1) die lange Wurzel: vom N. nasociliaris des ersten Astes des Trigeminus, 2) die kurze: vom N. oculomotorius und 3) die, in der Regel an die kurze sich anlegende, mittlere sympathische Wurzel: ein dünnes Fädchen, vom Plexus caroticus stammend. (Im Hunde treten, nach Hensen und Völckers die sympathischen Irisfasern nicht in das Ganglion.) Auch entlässt der N. nasociliaris direkt den (öfters doppelten) Nerv. ciliaris longus, der vor seinem Einsenken in die Sclerotica mit einem N. ciliaris brevis sich verbindet, im Auge selbst aber denselben Verlauf nimmt, wie die kurzen Ciliarnerven.

356. Nächste Ursachen der Pupillenveränderungen.

Der N. oculomotorius beherrscht die Kreismuskulatur der Iris; Reizung desselben verengt, die Durchschneidung erweitert die Pupille. Der Nerv entspringt aus der grauen Substanz am Boden des Aquaeductus Sylvii.

Die sympathischen Fasern versorgen die Radialmuskulatur der Iris. Nach Durchschneidung des Halsgrenzstranges des Sympathicus ist, wie schon Petit fand, die Pupille anhaltend viel enger als auf der nichtoperirten Seite, indem, wegen Lähmung des Radialmuskels, der Kreismuskel das Uebergewicht gewinnt; die von den wechselnden Thätigkeitsgraden des Kreismuskels abhängigen Variationen der Pupillenweite sind dabei natürlich nicht aufgehoben. Elektrische Reizung des Halssympathicus dagegen erweitert die Pupille (Valentin, Biffi). Die Pupillenerweiternden Nervenfasern stammen zunächst aus dem untersten cervicalen und obersten thoracischen Theil des Rückenmarks, welches sie in der Bahn der Vorderwurzeln der entsprechenden Rückenmarksnerven verlassen; sie verlaufen sodann durch die Rami communicantes in den sympathischen Halsgrenzstrang und in diesem aufwärts zum Auge.

Budge und Waller zeigten, dass Reizung des Vorderstranges des Rückenmarkes in der Höhe der 2 obersten thoracischen und der 2 untersten Cervicalnerven die Pupille derselben Seite erweitert, während nach Ausschneidung der genannten Stelle, wie beim Petit'schen Versuch, die Pupille sich verengt. Aehnliche Wirkungen auf die Pupille lassen sich jedoch auch von den oberen Parthien des Cervicalmarkes auslösen (Salkowski). Knoll fand, dass Reizung eines blossgelegten vorderen Vierhügels die Pupillen beider Augen, jedoch stärker die derselben Seite erweitert. Diese Wirkung fällt aber aus, wenn vorher die Halssympathici durchschnitten werden. Demnach scheint das wahre Centralorgan der Pupillenerweiterer in den vorderen Vierhügeln zu liegen.

Vasomotorische Nervenfasern, welche (indirekt) die Pupille verändern, verlaufen im ersten Trigeminusast (B a l o g h, Ö h l, G u t t m a n n); Reizung des Gasser'schen Knotens erweitert, Durchschneidung desselben verengt die Pupille. Dieselben entspringen wahrscheinlich aus dem Gasser'schen Knoten; in der Trigeminuswurzel sind sie nicht enthalten, da die Durchschneidung der letzteren die Pupille nicht verändert. Auch stammen diese Fasern nicht etwa vom Halssympathicus, denn nach Verlust der Reizbarkeit des Irissympathicus, in Folge von Zerstörung des oberen Halsganglion's, wirkt die Reizung des Gasser'schen Ganglion's immer noch pupillenerweiternd. Die Wirkung ist wie erwähnt, keine direkte, sondern hängt von den, mit den wechselnden Thätigkeitsgraden der Iris-Gefässnerven verbundenen, wechselnden Blutfüllungen der Iris ab.

357. Entfernte Ursachen der Pupillenveränderungen.

1) R e i z u n g d e r N e t z h a u t verengt die Pupille, dieselbe wird mit wachsender Lichtstärke zunehmend kleiner. Die Pupillenverkleinerung in Folge von Netzhauterregung ist eine Reflexbewegung (M a y o), desshalb bewirkt nach Durchschneidung des Sehnerven mechanische, chemische u. s. w. Reizung oberhalb des Schnittes Verengung der Pupille, während die Opticusreizung unterhalb der Schnittstelle erfolglos bleibt. Das reflektirende Centralorgan, welches die Opticusreizung auf den N. oculomotorius überträgt, ist noch nicht sicher erkannt. F l o u r e n s und Andere verlegten dasselbe in das vordere Vierhügelpaar, was von R e n z i und K n o l l in Abrede gestellt wird.

Die (Tractus optici der) Sehnerven ziehen ihre Hauptwurzeln aus den Sehhügeln und den vorderen Vierhügeln. Exstirpation der Sehhügel ist ohne Einfluss auf die Reaction der Pupille gegen das Licht. Werden dagegen die vorderen Vierhügel exstirpirt, so bleibt die Pupille starr selbst gegen den stärksten Lichtreiz. Nun ist aber diese Exstirpation nicht ausführbar ohne Verletzung von Fasern des N. opticus; jene Starrheit der Pupille rührt demnach von einer Verletzung des Sehnerven selbst her. Schnitte in die blossgelegten vorderen Vierhügel sind im Allgemeinen ohne Einfluss auf die Pupille; wird aber die i n n e r e Hälfte eines vorderen Vierhügels durchschnitten, aus welcher der Tractus opticus zum Theil entspringt, so tritt Erweiterung und Verlust der Reflexbewegung der Pupille ein und zwar, im Kaninchen, im Auge der andern Seite (K n o l l).

Die Durchschneidung des Sehnerven hinter dem Chiasma erweitert im Kaninchen und andern Säugern nur die Pupille der anderen Seite; es findet also im Chiasma eine vollständige Kreuzung der Sehnervenfasern statt. Beim Menschen ist die Kreuzung nur eine theilweise; Geschwülste, welche z. B. den rechten Tractus opticus drücken, beeinträchtigen die rechte Retinahälfte beider Augen; die rechte Retinahälfte erhält also ihre Faser vom rechten, die linke Retinahälfte vom linken Tractus opticus. Desshalb verengt sich im Kaninchen, wenn bloss ein Auge vom Licht getroffen wird, nur die Pupille dieses Auges, während im Menschen auch die des anderen Auges, jedoch in geringerem Grade sich verengt. Sind aber die Lichtmengen, welche beide Augen treffen, sehr gross, so zeigen beide Pupillen selbst dann dieselbe Weite, resp. Kleinheit, wenn die Differenz beider Lichtstärken eine bedeutende ist.

2) Reizung anderweitiger Fasern des N. oculomotorius, welche consensuelle Erregung des Irisoculomotorius nach sich zieht. Hieher gehört *a*) das Nahesehen; die Pupille wird, wie schon R h a z e s angab, enger, beim Fernsehen wird sie weiter. Beim Nahesehen kommt (s. 380) die Accommodationsmuskulatur, namentlich der vom N. oculomotorius versorgte Musc. ciliaris in Thätig-

keit. *b*) Stärkere Convergens beider Augen verkleinert die Pupille. Diese Bulbusbewegung hängt vom N. oculomotorius ab. In der das binoculare Nahesehen begleitenden stärkeren Convergenz beider Augen liegt somit eine weitere Ursache zur Pupillenverengerung.

3) Mehrere Narcotica, namentlich Atropin, sowohl innerlich genommen, als örtlich dem Auge einverleibt, erweitern die Pupille; Nicotin, noch mehr aber das Extract der Calabarbohne, wirkt pupillenverengernd. Die Wirkung der erweiternden Mittel dauert länger an.

Ueber die Wirkungsweise der Pupillenverändernden Mittel besteht ein alter Streit. Die Pupillenerweiternden (sog. Mydriatica) können wirken — ganz abgesehen von einem etwaigen Einfluss auf die Muskelfasern der Irisgefässe und anderen Nebeneinflüssen — 1) durch Lähmung der Iriskreismuskulatur resp. des Oculomotorius, 2) durch Reizung der Radiärmuskulatur (resp. des Irissympathicus) oder 3) durch beide Momente zugleich. Die Thatsache, dass Atropin die Accommodationsmuskulatur des Auges (385) entschieden lähmt, spricht auch für eine vorzugsweise lähmende Wirkung desselben auf den Oculomotorius; dessgleichen spricht die Erfahrung, dass Calabargift und andere pupillenverengende Mittel (sog. Myotica) auf die Muskulatur überhaupt und die Accommodationsmuskulatur insbesondere reizend wirken, dafür, dass die in Rede stehende Pupillenverengung hauptsächlich als die Folge einer Oculomotoriusreizung anzusehen ist. Für eine reizende Nebenwirkung des Atropins auf die Pupillenerweiternden Fasern scheint die Thatsache zu sprechen, dass die Pupille bei starker Atropinwirkung sehr viel weiter ist, als bei einfacher Oculomotoriuslähmung und die fernere Erfahrung, dass bei Oculomotoriuslähmung Atropin die Pupille noch etwas weiter macht (Rüte, Gräfe).

358. Trigeminuseinflüsse auf die Iris.

Die sensibelen Fasern der Iris stammen vom Trigeminus, welcher ausserdem auch die Blutgefässe des Auges mit vasomotorischen Fasern vorzugsweise zu versorgen scheint. Nach der Durchschneidung dieses Nerven in der Schädelhöhle (Fodera, Magendie) entsteht immer eine abnorme Blutfülle (Hyperämie) des Auges, welches, sammt dem ganzen Verbreitungsbezirk des Nerven in der Gesichtshaut, gefühllos wird. Die Bindehaut (und Nasenschleimhaut) secernirt stärker; Iris und Cornea gerathen in Entzündung; letztere wird trüb, kann selbst verschwären, und aufbrechen, sodass die Augenflüssigkeiten auslaufen und der Augapfel in einen Sumpf verwandelt wird. Die Entartung des Auges, gewöhnlich als Folge der Lähmung der vasomotorischen Nerven desselben aufgefasst, geht übrigens nicht immer so weit. Mehr oder weniger analoge Zustände wurden auch in einzelnen Fällen von Trigeminuslähmungen am Menschen beobachtet.

Die Augenentzündung nach der Trigeminusdurchschneidung ist nicht befriedigend erklärt. Man leitete sie entweder von einer Lähmung trophischer (oder vasomotorischer) Nervenfasern ab, oder führte sie gar auf bloss äussere Ursachen zurück, z. B. das häufige Anstossen des Auges in Folge der gefühllos gewordenen Gesichtshaut (Snellen). Bewahrt man das Auge sorgfältig vor Verletzungen, z. B. durch eine vor dasselbe befestigte Kapsel, so bleibt in der That die Entartung aus; andererseits lässt sich aber auch nicht verkennen, dass die Operation das Auge in einen Zustand auffallend erhöhter Reizbarkeit

versetzt, in welchem bereits schwache Eingriffe Ernährungsstörungen hervorrufen (Schiff, Büttner). Von welcher Natur aber diese gesteigerte Reizbarkeit sei, das ist noch eine offene Frage.

B. Katoptrische und dioptrische Erscheinungen.

359. Spiegelbilder im Auge.

Ein Theil des in das Auge fallenden Lichtes wird regelmässig zurückgeworfen; die Trennungsflächen der einzelnen Augenmedien wirken somit als förmliche Spiegel. Von einer vor das Auge gehaltenen Lichtflamme erhält man, wie Purkinje zeigte, 3 Bildchen. Fällt z. B. das Flammenlicht seitlich in das Auge, so gewahrt der, auf der anderen Seite stehende Beobachter die Spiegelbildchen *c*, *v* und *h* der Fig. 72. *c* rührt her von der Hornhaut und wird in die Nähe des einen Pupillenrandes projicirt; *v* kommt von der vorderen, *h* von der hinteren Fläche der Linse. Den Regeln der Katoptrik gemäss sind *c* und *v* aufrecht, die resp. Spiegelflächen sind convex; *h* ist verkehrt, die hintere Linsenfläche ist nämlich ein Concavspiegel. *v* ist das grösste, *h* das kleinste; *c* das deutlichste und lichtstärkste, *v* das am wenigsten scharf contourirte und lichtärmste der drei Bildchen.



Fig. 72.

Jedem sphärischen Hohlspiegel entspricht ein ideeller Krümmungsmittelpunkt, von welchem alle Punkte des Spiegels gleichweit abstehen. Parallele Strahlen, die auf einen solchen Spiegel fallen, werden derartig zurückgeworfen, dass sie sich schneiden in einem Punkt: dem (Haupt-) Brennpunkt; dieser liegt in der Mitte zwischen dem Krümmungsmittelpunkt und dem Spiegel selbst.

Hohlspiegel geben reelle und verkehrte Bilder, wenn die Objecte jenseits ihres Brennpunktes liegen; dabei sind 2 Fälle möglich: a) Liegt das Object zwischen Brennpunkt und Krümmungsmittelpunkt des Spiegels, so wird das Bild vergrössert und befindet sich jenseits des Krümmungsmittelpunktes. b) Liegt das Object jenseits des Krümmungsmittelpunktes, so ist das Bild verkleinert und zwischen Hauptbrennpunkt und Krümmungsmittelpunkt gelegen.

Convexspiegel geben immer aufrechte und verkleinerte virtuelle (hinter den Spiegel zu verlegende) Bilder und zwar um so kleiner, je convexer die Spiegel sind.

360. Das Netzhautbildchen.

Schon Kepler verglich das Auge mit einer Sammellinse. Die Strahlen nämlich, welche von einem gesehenen Leuchtpunkt in das Auge fallen, erhalten durch die dioptrischen Medien solche Richtungen, dass sie sich wieder in einem Punkt der Netzhaut vereinigen. Ein Sehobject ist eine Mosaik unendlich vieler solcher Leuchtpunkte; es entspricht somit jedem Bezirk des Objectes ein (Miniatur-) Bezirk der Netzhaut und das Object entwirft auf der Netzhaut ein flächenhaftes Bildchen. Es gleicht desshalb das Auge im Allgemeinen der bekannten Vorrichtung der Camera obscura. Die physiologische Dioptrik untersucht den Gang der Lichtstrahlen in den brechenden Medien des

Auges, sowie die Entstehung und die Eigenschaften der Netzhautbildchen. Scheiner demonstrirte zuerst das objective Netzhautbildchen. Dasselbe wird am Besten im ausgeschnittenen durchsichtigen Auge eines weissen Kaninchens oder, nach Wegpräpariren eines Stückes der Sclerotica und Choroidea, auch an jedem pigmentirten grösseren Säugethierauge untersucht. Das Netzhautbildchen hat alle Eigenschaften der von Sammellinsen entworfenen Bilder; es ist umgekehrt, d. h. einer oberen oder rechten Stelle des Objectes entspricht eine untere, resp. linke, Stelle im Netzhautbild; auch gibt dasselbe die Gestalten und Farben der Objecte scharf und rein, jedoch verkleinert, wieder.

Die zusammengesetzten facettirten Augen der Insekten entwerfen, wie schon Leeuwenhoek bekannt war, im Grund jeder Facette ein scharfes Bildchen, welches unter dem Mikroscop betrachtet werden kann. Auch diese Bildchen sind umgekehrt, weil jedes einzelne Aeuglein (viele Insekten besitzen deren mehrere tausende) mit einem dioptrischen Apparat versehen ist, wie Gottsche zuerst genauer nachwies.

Alle Strahlen, die vom Punkt *a* des Pfeiles, Fig. 73, in das Auge geschickt werden, schneiden sich in *a'*, die von *b* ausfahrenden in *b'* des Augengrundes (das Netzhautbild is absichtlich zu gross gezeichnet) und was von den beiden Enden des Objectes gilt, bezieht sich auch auf jeden anderen Punkt desselben.

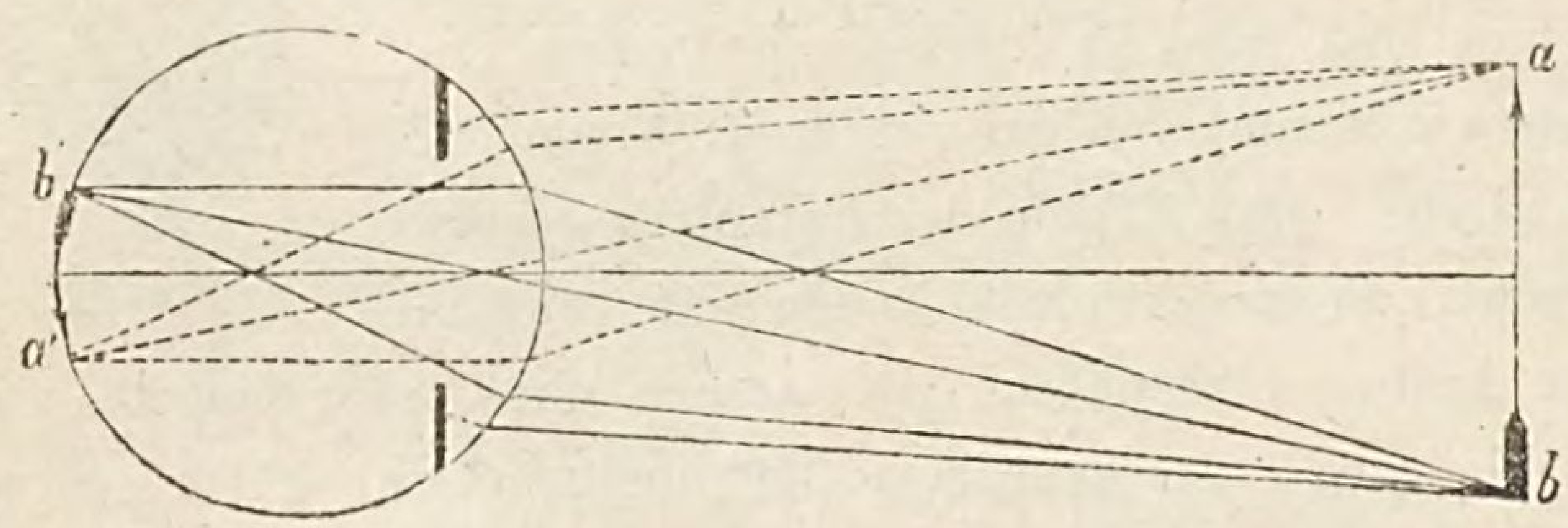


Fig. 73.

Die Darstellung der Entstehung des Netzhautbildchens verlangt die Kenntniss der hauptsächlichsten dioptrischen Eigenschaften des Auges, namentlich der Brechungscoëfficienten und Formen der einzelnen Augenmedien. Die nächsten §§ geben eine kurze Uebersicht über die physikalischen Vorfragen und erläutern einige Hauptthatsachen an den Linsengläsern der Optiker, welche zwar nicht den einfachsten Fall, wohl aber die demonstrirbarsten und bekanntesten Objecte für eine einleitende Betrachtung darbieten. Von diesen gehen wir zur Untersuchung des Lichtganges in einem einfachen, das Licht sammelnden System, als einfachsten Repräsentanten der dioptrischen Eigenschaften des Auges über.

a) Dioptrische Vorbemerkungen.

361. Brechungsverhältniss.

Ein Lichtstrahl, der senkrecht übergeht aus einem Medium in ein zweites von anderer Dichtigkeit, setzt seine ursprüngliche Richtung fort; fällt er aber schief auf, so verändert er im zweiten Medium seine Richtung, er wird »gebrochen«. Der einfallende und gebrochene Strahl liegen in derselben Ebene.

a b sei die Grenze des dünneren Mediums *A* und des dichteren *B*; *c d* die Richtung des einfallenden Strahles; *f g* eine durch den Einfallspunkt *d* auf *a b* gezogene Senkrechte (Einfallsloth); also *c d f* der Einfallswinkel des Strahles. Letzterer geht in *B* nicht in der Richtung *d h* fort, sondern er wird dem Ein-

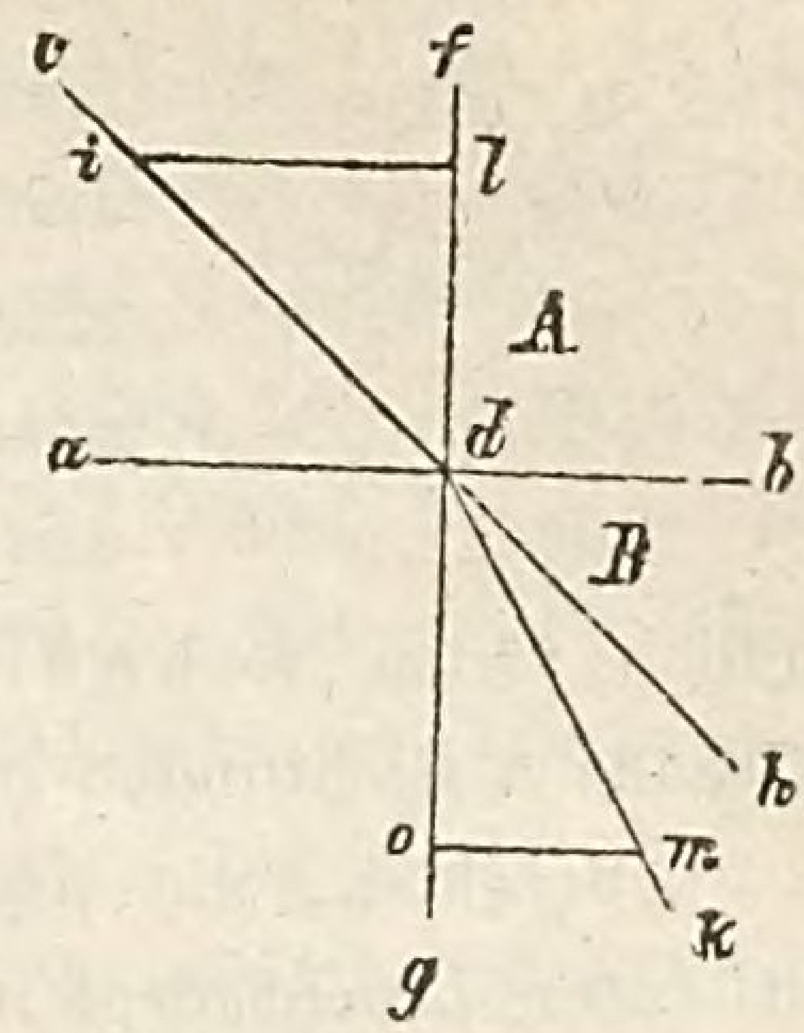


Fig. 74.

fallsloth zugelenkt, seine Richtung sei $d\ k$. Macht man nun $d\ i = d\ m$ (das wirkliche Constructionsverfahren s. 366) und zieht von i und m Senkrechte auf $g\ f$, so ist $\frac{i\,l}{o\,m}$ der Brechungscoëfficient (Brechungsverhältniss); derselbe ist grösser als 1 beim Uebergang in ein dichteres Medium; in Fig. 74 is $i\ l = 3$, $o\ m = 2$ Längeneinheiten, also der Brechungscoëfficient $^3/_2 = 1{,}5$. Geht umgekehrt der Strahl $k\ d$ aus B in A über, so wird er in dem dünneren Mittel von dem Einfallsloth abgelenkt, seine Richtung ist jetzt $d\ c$ und der Brechungscoëfficient $= \frac{o\,m}{i\,l}$ also kleiner als 1, was immer der Fall ist beim Uebergang aus einem dichteren Medium in ein dünneres.

Zur Vergleichung der Brechungscoëfficienten der Körper nimmt man immer an, dass die Lichtstrahlen übergehen aus Luft in den brechenden Körper; dann ist der Coëfficient z. B. des Wassers 1,336 (rund $^4/_3$), des Glases 1,535 ($^3/_2$). Diese Werthe stellen den sog. absoluten Brechungscoëfficienten dar. Ist letzterer von zwei Körpern gegeben, so folgt daraus die Stärke der Brechung, wenn das Licht aus einem dieser Körper übergeht in den andern: der sog. relative Brechungscoëfficient. Die Brechungen sind am stärksten zwischen Gasen einerseits und tropfbarflüssigen oder festen Körpern andererseits; geringer zwischen letzteren unter sich. Das Glas z. B. bricht das Licht stärker als Wasser, also muss ein Lichtstrahl beim Uebergang vom Wasser in Glas wiederum dem Einfallsloth zugelenkt werden; der relative Brechungscoëfficient für diesen Fall ist somit $\frac{1{,}535}{1{,}336} = 1{,}149$.

362. Lichtsammelnde und zerstreuende Anordnungen.

Die durchsichtigen Medien des Auges bieten Trennungsflächen, die als sphärisch angenommen werden können; die physiologische Dioptrik beschränkt sich desshalb auf den Gang der Lichtstrahlen in Medien von der angegebenen Form. Man unterscheidet 2 Hauptsysteme solcher dioptrischen Anordnungen: je nachdem die weniger brechende Substanz auf der convexen oder der concaven Seite der Trennungsfläche liegt. Im ersten Fall werden die Strahlen nach der Brechung einander genähert: sammelndes System; im zweiten Fall werden sie nach der Brechung von einander entfernt: zerstreuendes System. Auch die Linsen der Optiker zerfallen in sammelnde (convexe) und zerstreuende (concave).

363. Convexlinsen.

Das Prototyp ist die biconvexe Linse mit gleichmässigen Krümmungen beider sphärischen Oberflächen. In Fig. 75 ist c der optische Mittel-

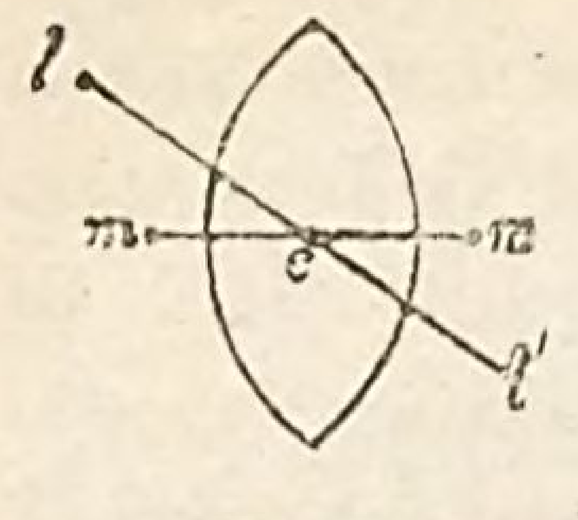


Fig. 75.

punkt der Linse; in der Geraden, welche die Krümmungsmittelpunkte *m m* beider Linsenflächen mit einander verbindet, liegt die Hauptaxe (Linsenaxe); in einer Geraden *l l'*, die gezogen wird von irgend einem ausserhalb der Hauptaxe liegenden Leuchtpunkt *l* durch den optischen Mittelpunkt der Linse, liegt eine der unendlich vielen Nebenaxen. Die auf die Linse fallenden Strahlen können folgende 3 Richtungen haben:

I. Strahlen, die parallel mit der Hauptaxe, d. h. von unendlich weit entfernten Leuchtkörpern, auf die Linse fallen, werden so gebrochen, dass sie sich hinter der Linse in einem Punkt der verlängerten Hauptaxe: dem Focus, Hauptbrennpunkt schneiden (*f* Fig. 76). Der Abstand der letzteren von (dem optischen Mittelpunkt) der Linse heisst Brennweite der Linse.

II. Fallen von irgend einem Punkt der verlängerten Hauptaxe divergirende Strahlen auf die Linse, so sind 3 Fälle möglich: a) der Leuchtpunkt ist jenseits des Focus (*o* Fig. 77), dann vereinigen sich die Strahlen hinter

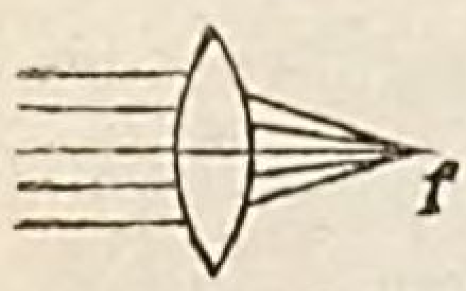


Fig. 76.

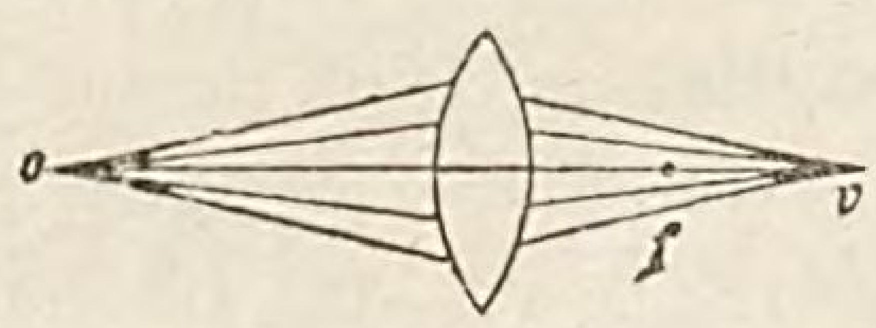


Fig. 77.

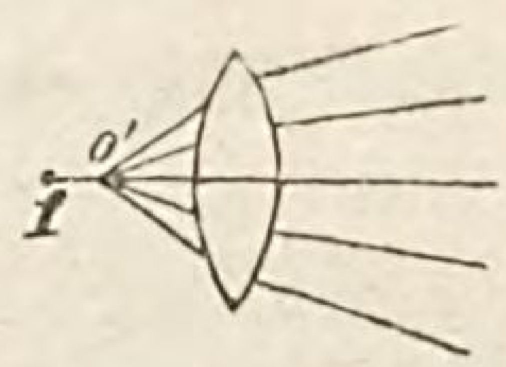


Fig. 78.

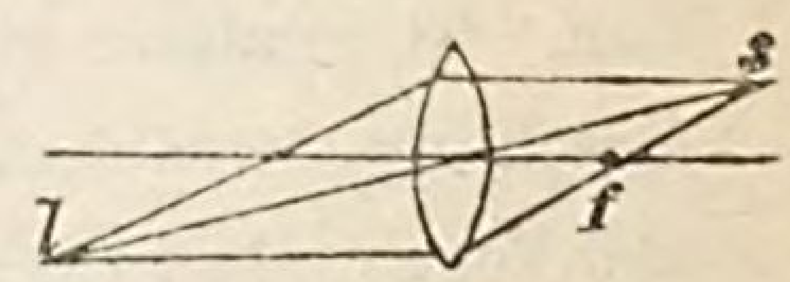


Fig. 79.

der Linse in einem Punkt der verlängerten Hauptaxe: dem sog. Vereinigungspunkt (*v*). Letzterer liegt dem Focus um so näher, je mehr der Leuchtpunkt sich von der Linse entfernt. b) Der Leuchtpunkt liegt im Focus; nach der Brechung gehen die Strahlen parallell mit der Hauptaxe weiter (der umgekehrte Gang von Fig. 76). c) Der Leuchtpunkt (*o'* Fig. 78) liegt zwischen Focus und Linse. Die Linse ist nicht mehr im Stande, die Strahlen convergent zu machen; sie divergiren also auch nach der Brechung, aber weniger als vorher.

III. Convergent auf die Linse fallende Strahlen convergiren nach der Brechung noch stärker (umgekehrter Fall von Fig. 78).

Liegt der Leuchtpunkt in einer Nebenaxe, so gelten obige Normen ebenfalls, vorausgesetzt dass die Nebenaxe mit der Hauptaxe nur einen kleinen Winkel bildet. Liegt z. B. der Leuchtpunkt in *l* Fig. 79, d. h. in grösserem Abstand von der Linse, als deren Brennweite beträgt, so werden die divergirenden Strahlen hinter der Linse in einem Punkt *s* der verlängerten Nebenaxe vereinigt.

364. Bilder der Convexlinsen.

Solche Linsen entwerfen von Objecten, die jenseits ihres Focus sich befinden, reelle verkehrte Bilder, die auf einem Schirm aufgefangen werden können.

Es handelt sich hiebei um I. Abstand des Bildes hinter der Linse. Derselbe hängt ab 1) vom Brechungscoëfficienten der Substanz der Linse; 2) von deren Convexität (je convexer, desto stärker sammelnd wirkt die Linse) und 3) vom Abstand des Objectes von der Linse. II. Grösse des Bildes. Es sind 3 Fälle möglich: 1) Das Object steht ab von der Linse um die doppelte Brennweite: das Bild ist so gross als das Object. 2) Das Object ist zwischen doppelter und einfacher Brennweite: das Bild ist grösser als das Object, aber auch weiter entfernt hinter der Linse als in 1. 3) Das Object ist jenseits der doppelten Brennweite: das Bild ist kleiner, aber auch der Linse näher.

Liegt das Object innerhalb der Brennweite der Linse, so ist natürlich kein Sammelbild mehr möglich.

Man berechnet den Vereinigungspunkt der gebrochenen Strahlen, resp. den Abstand des Bildes hinter der Linse nach der Formel $\frac{1}{l} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$, wobei l = Entfernung des Leuchtpunktes von der Linse, b = Entfernung seines Bildes von der Linse und f = Brennweite der Linse. Ist $l = \infty$, so hat man $\frac{1}{b} = \frac{1}{f} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{f}$, d. h. die Bildweite ist gleich der Brennweite des Glases. Ist $l = 24$, $f = 6$ Zoll, so hat man $\frac{1}{6} - \frac{1}{24} = \frac{1}{8}$, d. h. das Bild steht 8 Zoll hinter der Linse.

365. Concavlinsen.

I. Strahlen, die parallel mit der Linsenaxe *o o* Fig. 80 auffallen, divergiren nach der Brechung. Verlängert man diese gebrochenen Strahlen nach rückwärts, so schneiden sie sich in einem Punkt der verlängerten Linsenaxe auf der Seite der einfallenden Strahlen, dem sog. Hauptbrennpunkt (Hauptzerstreuungspunkt) *f*. Der Brennpunkt ist also nicht reell, sondern virtuell (geometrisch), da die Vereinigung der Strahlen nicht wirklich geschieht.

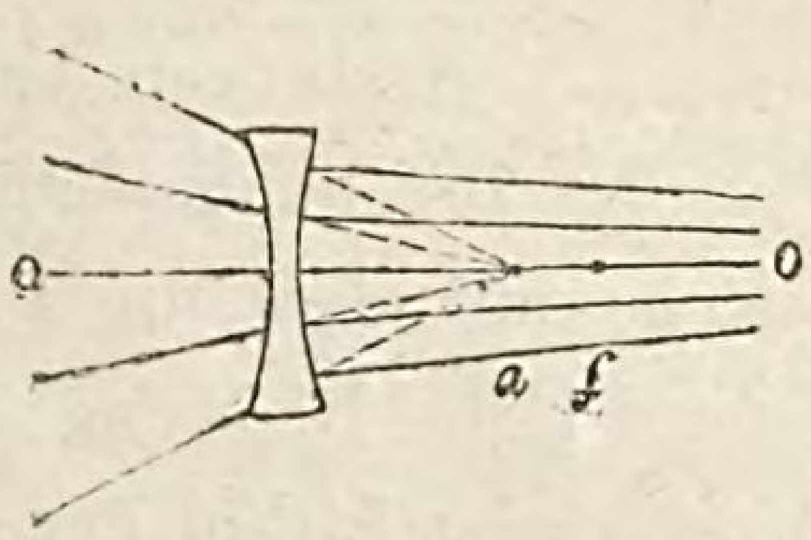


Fig. 80.

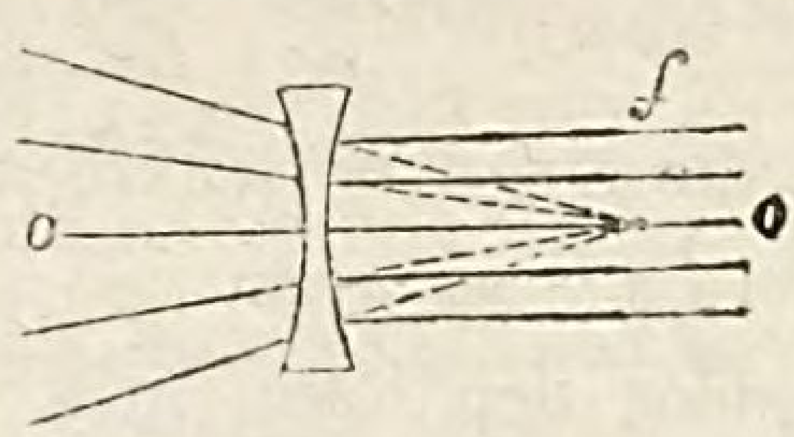


Fig. 81.

II. Fallen die Strahlen divergirend auf, so divergiren sie nach der Brechung noch mehr (Fig. 81). Verlängert man die Richtung der gebrochenen Strahlen nach rückwärts, so schneiden sie sich in einem Punkt: dem Vereinigungspunkt (Zerstreuungspunkt) *v*. Derselbe liegt der Linie um so näher, je divergenter die Strahlen auf die Linie fallen, je mehr also der Leuchtpunkt der Linse sich nähert.

III. Convergirende Strahlen. a) Ist die Convergenz so, dass die (Verlängerungen der auffallenden) Strahlen sich schneiden im Hauptbrennpunkt (umgekehrter Fall von I, s. Fig. 80), so gehen sie nach der Brechung parallel weiter. b) Ist die Convergenz noch stärker als in a), so convergiren die Strahlen auch nach der Brechung, aber schwächer als vorher (umgekehrter Fall von II,

s. Fig. 81). c) Convergiren die Strahlen schwächer als in a) d. h. gegen einen Punkt jenseits des Hauptbrennpunktes, so divergiren sie als ob sie herkämen von einem Punkt vor der Linse.

Zerstreuungsgläser geben keine reellen Bilder, weil die von einem Leuchtpunkt ausfahrenden Strahlen durch die Linse noch divergenter werden und sich also jenseits der Linse nicht vereinigen können.

366. Optische Cardinalpunkte eines einfachen sammelnden Systemes.

Ein einfaches sammelndes System besteht bloss aus zwei brechenden Medien. Das Grundgesetz für ein solches (die zerstreuenden interessiren uns hier nicht) lautet: Strahlen, die mit geringer Divergenz ausfahren von einem Punkt *p* (Fig. 82) des einen Mittels, laufen nach ihrer Brechung in einem Punkt *p'* des zweiten Mittels zusammen und umgekehrt. Die von *p* ausgehenden Strahlen fahren hinter *p'* wiederum auseinander, als ob sie von p' ausgegangen wären, d. h. *p'* ist das Bild von *p* und umgekehrt. Man nennt desshalb *p* und *p'* durch Brechung conjugirte Brennpunkte (Vereinigungspunkte).

Zur Construktion der Richtung der gebrochenen Strahlen dient folgendes Verfahren: *a b* sei Trennungsfläche, *m* Krümmungsmittelpunkt derselben, also *d m* ein Radius und *d' m* das Loth für den einfallenden Strahl *p d*. Also ist *x* Einfallswinkel. Von *d* aus beschreibt man einen Kreis von beliebigem Durchmesser, zieht die auf *d' m* Senkrechte *s k*. Der Brechungscoëfficient sei z. B. 2. Man verlängere *s k* = 2 um *k h* = 1, ziehe mit *d' m* die Parallele *h q*; die letztere schneidet den Kreis in *q* und *d q* ist die Richtung des gebrochenen Strahles. Was von *p d* gilt, bezieht sich auf jeden Strahl des Lichtkegels *b p d* die Strahlen vereinigen sich in Punkt *p'* des andern Mittels.

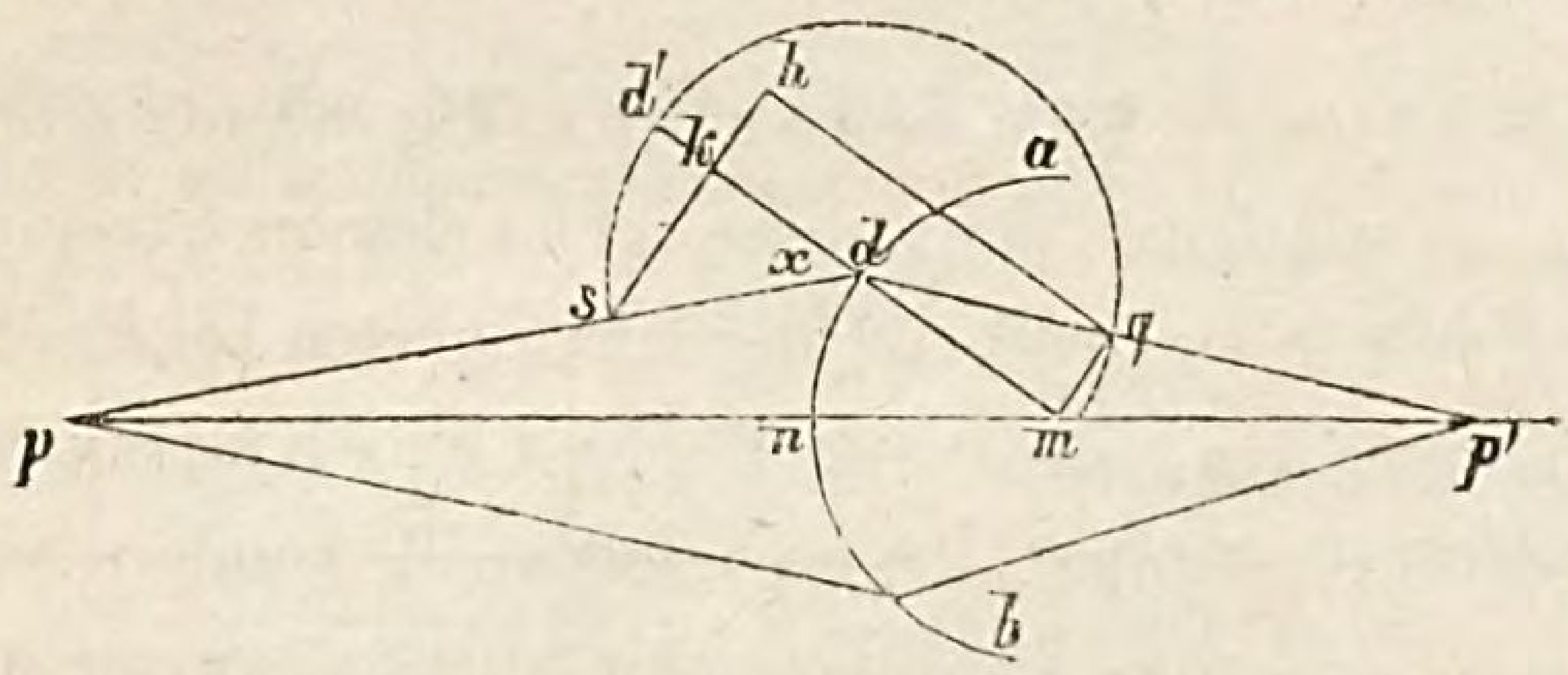


Fig. 82.

Von allen Strahlen des vom Punkt *p* ausfahrenden Strahlenkegels *d p b* fällt nur einer (*pn*) senkrecht, d. h. in der Richtung eines Radius des brechenden Mittels, ein; nur dieser geht ungebrochen weiter. Er verbindet den Objectpunkt mit dem zugehörigen Bildpunkt und heisst Richtungsstrahl. Die Richtungsstrahlen der über und unter *p* liegenden Leuchtpunkte schneiden sich ebenfalls in *m* (Fig. 82): dem Knotenpunkt (Kreuzungspunkt der Richtungslinien).

Es sei *a b*, Fig. 83, Trennungsfläche eines sammelnden Systemes. Die parallel einfallenden Strahlen *a* bis a_4 vereinigen sich in einem Punkt *p'* des zweiten Mittels: dem zweiten Hauptbrennpunkt (Focus), dessen Abstand von der Trennungsfläche die Hauptbrennweite heisst. Gehen um-

gekehrt parallele Strahlen b bis b_4 aus dem stärker brechenden Mittel in das weniger brechende, so vereinigen sie sich in einem Punkte des letzteren Mittels: dem ersten Hauptbrennpunkt p. Die Differenz beider Hauptbrennweiten ist = Radius ($m\,r$ Fig. 83) der brechenden Fläche.

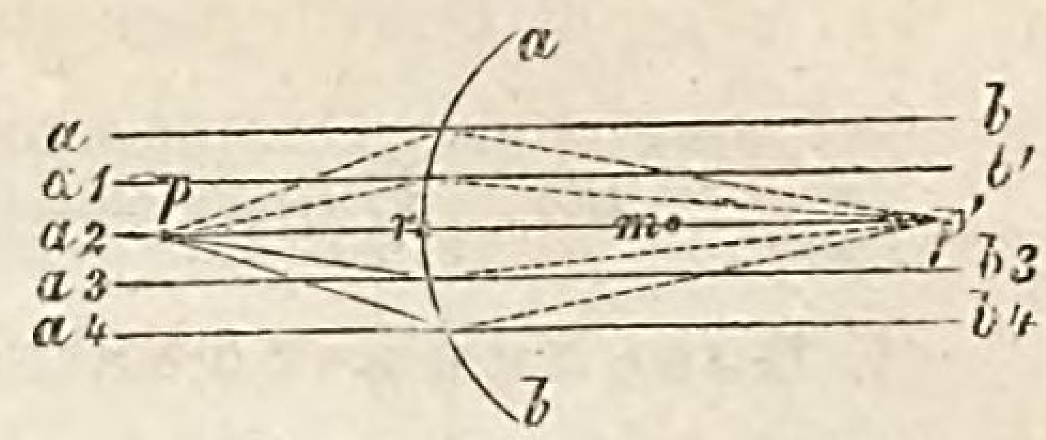


Fig. 83.

Zwei senkrecht durch die optische Axe (oo Fig. 84) am Ort des ersten und zweiten Hauptbrennpunktes (f_1 und f_2) gelegten Ebenen (FF) heissen erste und zweite Focalebene. Die vom Hauptbrennpunkt geltenden Normen wiederholen sich bezüglich der in der Focalebene liegenden Punkte. Demnach verlaufen Strahlen, die von einem Punkt der ersten Focalebene ausfahren, im zweiten Medium parallel und Strahlen, die im ersten Medium unter sich parallel, aber in einem Winkel mit der optischen Axe $o\,o$ verlaufen, vereinigen sich in einem bestimmten Punkt der zweiten Focalebene. Eine senkrecht zur optischen Axe durch den Scheitelpunkt r der brechenden Fläche gelegte Ebene (hh) heisst Hauptebene, der Punkt r: Hauptpunkt.

Auf den soeben erörterten einfachen Regeln beruht nachfolgendes leichtes Construktionsverfahren des Lichtganges.

I. Die Richtung des gebrochenen Strahles wird mittelst zweier Constructionen gefunden: a) Man zieht Fig. 84, vom ersten Hauptbrennpunkt bis n, d. h. zur Hauptebene (hh), einen Hülfsstrahl $f_1 n$ parallel zum einfallenden Strahl ai; der Hülfsstrahl, weil vom ersten Hauptbrennpunkt ausgehend, verläuft nach der Brechung parallel mit der optischen Axe oo. Nach Früherem muss ai auf der 2ten Brennebene mit seinem parallelen Strahl $f_1 n$ sich schneiden, also ist id die Richtung des gebrochenen Strahles. Oder b) man zieht vom Knotenpunkt m aus bis zur 2ten Focalebene eine Parallele zum einfallenden Strahl und hat dann wiederum in id den Weg des gebrochenen Strahles.

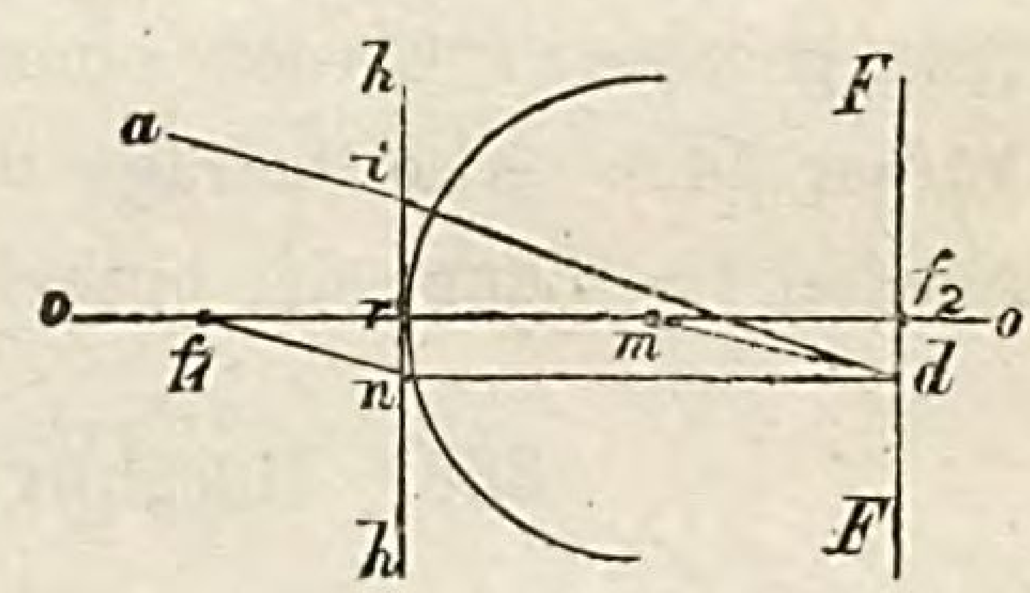


Fig. 84.

II. Bestimmung des Bildpunktes. Man zieht vom Objectpunkt P Fig. 85, durch den ersten Brennpunkt eine Gerade; diese schneidet die Hauptebene in n. Es ist demnach, als ob Strahl $Pf_1 n$ vom Brennpunkt f_1 ausgefahren wäre; der Strahl geht somit im zweiten Medium in der Richtung nk, parallel zur Axe, weiter. Sodann zieht man vom Objectpunkt aus durch den Kreuzungspunkt m der Richtungslinien eine Gerade; da, wo letztere die nk trifft, in k, liegt der Bildpunkt. (Statt letzteren Verfahrens kann man vom Objectpunkt aus eine mit der Axe Parallele Ps bis zur Hauptebene ziehen; jene, als ein mit der Axe paralleler Strahl, muss im zweiten Medium zum Hauptbrennpunkt gehen. In k, wo beide gebrochenen Strahlen sich schneiden, liegt der Bildpunkt des Objectes.)

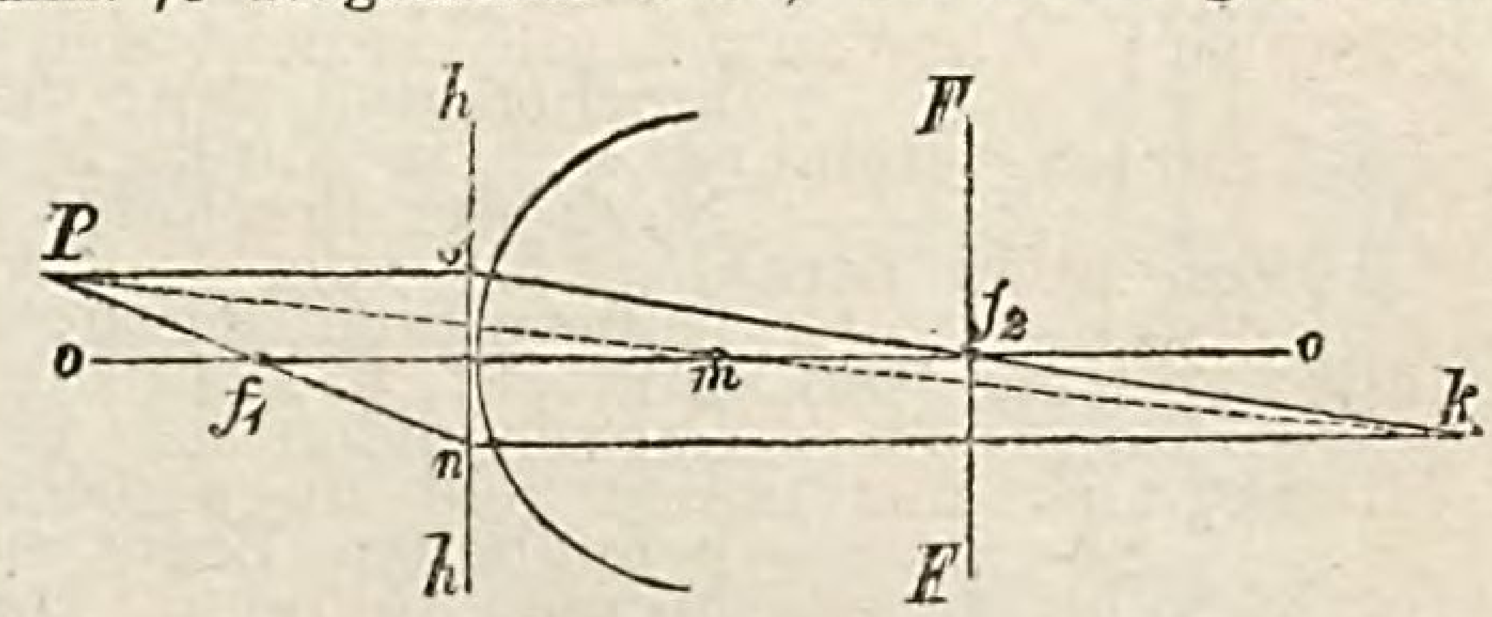


Fig. 85.

b) Refraction des Auges.

367. Dioptrische Grundwerthe der Augenmedien.

I. Brechungscoëfficienten. Die lichtbrechenden Kräfte der einzelnen Medien stehen der des Wassers (1,335) nahe (Chossat, Brewster, Helmholtz, W. Krause). Die Durchnittswerthe sind: Hornhaut 1,33 — Wässrige Feuchtigkeit 1,34 — Linse 1,45 als Mittelwerth für alle Schichten (der Linsenkern bricht am Stärksten) — Glaskörper 1,34. II. Form und Dicke der Augenmedien. Die ersten Bestimmungen lieferte schon Petit an Durchschnitten des todten Auges; Kohlrausch benützte zu diesem Zwecke zuerst die Spiegelbildchen des lebenden Auges. Zur Bestimmung der Corneakrümmung z. B. ist erforderlich: 1) Grösse des Leuchtkörpers, 2) dessen Abstand von der Cornea und 3) Grösse der Spiegelbildchen der Cornea.

Der Krümmungsradius der Cornea wird, wie bei Convexspiegeln überhaupt, berechnet: »Grösse des Leuchtkörpers verhält sich zur Grösse des Spiegelbildes desselben, wie der Abstand des Leuchtkörpers von der Spiegeloberfläche zum halben Radius des Convexspiegels.«

Die Hauptwerthe sind im Mittel folgende: I. Krümmungsradien der wichtigsten Trennungsflächen: Cornea 8 Millim. — vordere Linsenfläche 10 — hintere Linsenfläche 6. II. Dicke der Medien in der optischen Axe gemessen: Cornea sammt Humor aqueus 4 Millim. — Linse 4 — Glaskörper 14,6. Also beträgt der Abstand des gelben Fleckes vom Hornhautscheitel (= Länge der optischen Axe) ungefähr 22,6 Millimeter.

368. Messung der Spiegelbildchen des Auges.

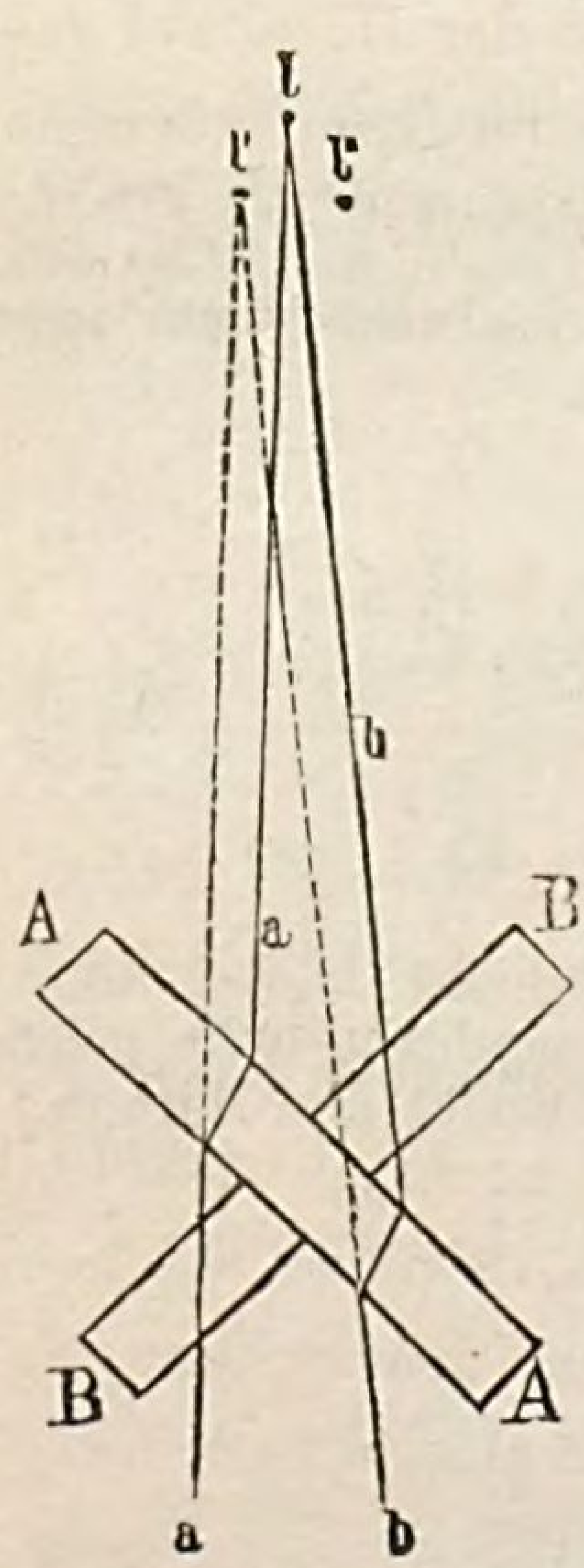


Fig. 86.

Zur Bestimmung der Grösse der Spiegelbildchen am lebenden Auge dient das Ophthalmometer von Helmholtz. Schickt der Leuchtpunkt *l* Fig. 86, die Strahlen *a* und *b* auf die Glasplatte *AA*, so werden dieselben gebrochen und zwar um so stärker, je schiefer sie auffallen. Nach der Brechung aber verlaufen sie parallel mit ihren frühern Richtungen; die nach rückwärts verlängerten Strahlen schneiden sich in *l'*, wesshalb für den hinter dem Glas befindlichen Beobachter der Leuchtpunkt von *l* nach *l'* verschoben erscheint. Hat die Platte die Lage *BB*, so erfolgt die Verschiebung nach *l''*. Bringt man also, s. Fig. 87, zwischen das Auge und die Linien II zwei Glasplatten, so erscheinen die Linien am richtigen Ort, und jede derselben einfach, wenn die Gläser parallel zur Papierebene stehen. Kreuzen sich aber die Gläser, indem z. B. ihre von einander abgewandten Ränder *a* und *b* dem Auge genähert werden, so sieht man durch dieselben das ge-

doppelte Linienpaar II II. Bei einer bestimmten Winkelstellung der Gläser kommen die einander zugewandten Ränder beider Doppellinien in Berührung, die Verschiebung hat also die Dimensionen des Objectes verdoppelt; um diesen Punkt zu erreichen, müssen die Gläser natürlich um so mehr verschoben werden, je grösser das betrachtete Object ist.

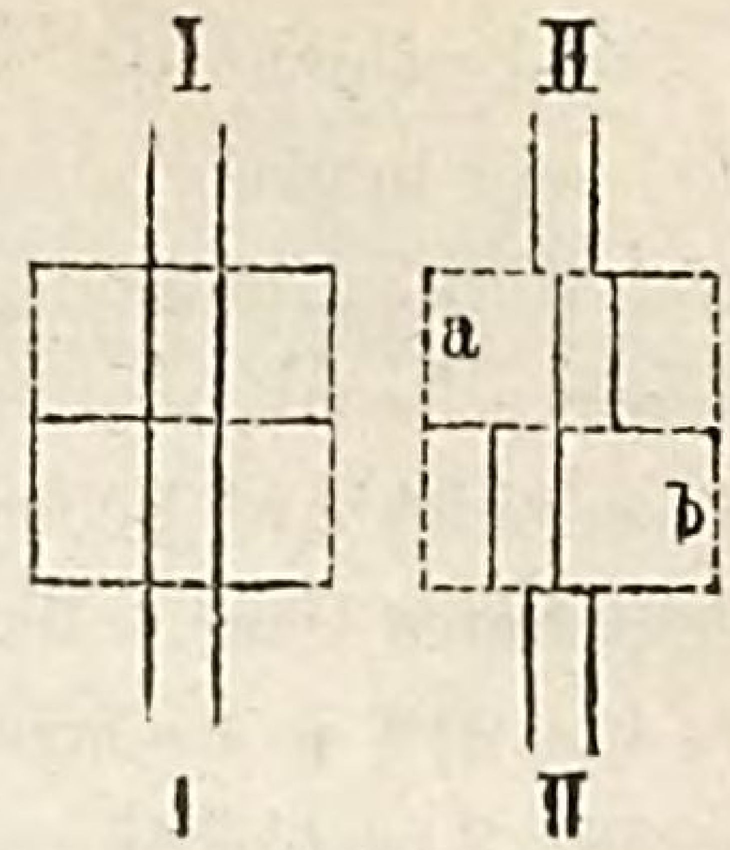


Fig. 87.

Als Objecte für die Spiegelung im Auge dienen zwei in einem dunkelen Schirm angebrachte Löcher, hinter welchen ein Lampenlicht gestellt wird. Das Ophthalmometer selbst besteht aus zwei über einander stehenden Glasplatten, die in einem Kästchen vor dem Objectiv eines Fernrohres so angebracht sind, dass sie um eine senkrechte Axe im entgegengesetzten Sinne gedreht werden können. Die Axe des Fernrohrs geht durch den Kreuzungspunkt der Gläser und halbirt bei allen Stellungen der letzteren den von ihnen eingeschlossenen Winkel. Bei einer bestimmten Winkelstellung der Glasplatten stehen die von einander abgewandten Ränder beider Doppelbilder um das Doppelte des ursprünglichen Spiegelbildes von einander ab, d. h. die Doppelbilder berühren sich mit ihren inneren Rändern. Man kennt aber die verschiebende Wirkung der Gläser, aus welcher sich die Grösse des Spiegelbildchens unmittelbar ergibt.

Die kleinen Bewegungen des Auges machen die unmittelbare Abmessung der Durchmesser der Spiegelbildchen des Auges unmöglich; das Ophthalmometer umgeht dieses und verlangt zunächst bloss, dass die Doppelbilder in der angegebenen Weise zur Berührung gebracht werden.

369. Bestimmung des Augendrehpunktes.

Zunächst misst Donders den wagrechten Durchmesser der Hornhaut folgendermaassen. Ueber dem Ophthalmometer (368) steht eine Lampenflamme, deren Hornhautspiegelbild durch das Ophthalmometer beobachtet wird. Das untersuchte Auge blickt nach einem (Haupt-) Visir, das auf einem Gradbogen verschiebbar ist, und wird noch von einer zweiten Flamme erhellt, deren Licht mittelst eines Schirmes vom Ophthalmometer abgehalten wird. Man verschiebt das Visir auf dem Gradbogen, bis das Auge die Stellung hat, dass das Spiegelbild der Flamme auf die Hornhautmitte fällt. Dass diese Stellung genau erreicht ist, erkennt man daran, dass die durch die Winkelstellung der Ophthalmometergläser verdoppelten Siegelbildchen der Flamme auf die Ränder der nunmehr sich halb bedeckenden Hornhäute fallen (s. Fig. 88: *c* Cornea, *p* Pupille, *l* Spiegelbildchen). Die zu diesem Zweck nöthige Gläserverschiebung ergibt also den halben wagrechten Durchmesser der Hornhautbasis.

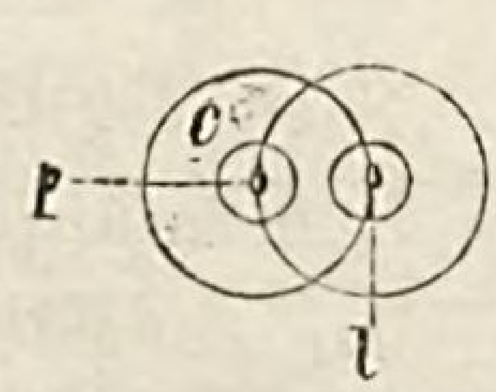


Fig. 88.

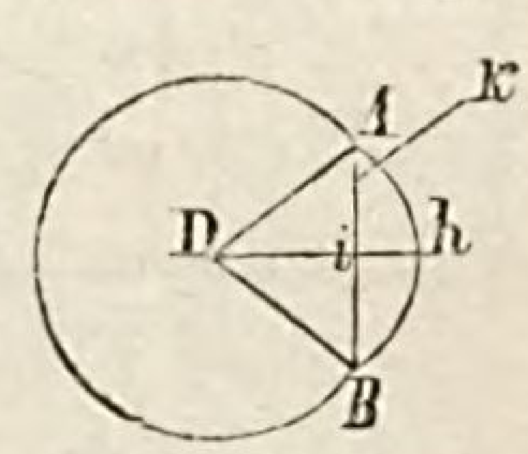


Fig. 89.

Man bestimmt alsdann, wie gross die nach beiden Seiten gleichen Drehungswinkel sein müssen, um abwechselnd die beiden Enden des gemessenenen wagrechten Hornhautdurchmessers in demselben Punkt des Raumes zusammenfallen zu lassen. Rechts und links vom Hauptvisir befinden sich auf dem Gradbogen zwei verschiebbare Nebenvisire und vor dem Auge ein in einem Ring senkrecht aufgespanntes Haar. Man lässt nunmehr das Auge nach rechts und links sich (etwa um 28°) so drehen, dass bei unveränderter Kopfhaltung nach einander jeder der 2 entgegengesetzten Hornhautränder mit dem Haar zusammenfällt. Der von beiden entgegengesetzten Stellungen beschriebene Winkel (etwa 56°) wird an den Nebenvisiren abgelesen und entspricht dem Winkel, den das Auge um den Drehpunkt beschrieben hatte. Man hat somit 2 Dreiecke, deren Basis (Ai oder Bi) und gegenüberliegender spitzer Winkel (aDi, resp. BDi) gekannt sind. Daraus berechnet sich die Entfernung iD des Drehpunktes von der Mitte der Hornhautbasis $= Ai \,.\, cot \,.\, ADi$; man erhält Dh, d. h. die Entfernung des Drehpunktes vom Hornhautscheitel, indem man für hi 2,6 Millimet. hinzurechnet.

Der Drehpunkt liegt nicht genau in der Mitte der Sehaxe, sondern nach Donders und Doijer etwa $1^3/_4$ M. m. hinter derselben, also auch (s. 371) weit hinter dem Knotenpunkt. Nahezu denselben Werth erhielt Volkmann auch für Drehungen des Augapfels um eine horizontale Axe.

Zur Bestimmung des Ortes des Drehpunktes zieht Volkmann auf die ebene Tafel MN Fig. 90 von o aus divergirende gerade Linien. Auf jeder Linie werden 2 feine Nähnadeln A, a, B, b u. s. w. senkrecht zur Tafel befestigt (D ist von o etwa 16 Zoll entfernt). Hierauf wird das Stück N abgesägt. Wird nun bei absolut fixirtem Kopf die Gerade Dd in die Sehlinie gebracht, so findet man bei allmäliger Annäherung der Tafel an das Auge eine Stellung, wo bei jeder beliebigen Blickrichtung die beiden in einer Visirlinie liegenden Nadeln sich decken; somit ist der Ort des Drehpunktes für alle in der Ebene der Tafel ausgeführten Drehbewegungen des Auges eine merklich constanter. Dasselbe ist der Fall bei senkrechter Lage der Tafel, d. h. bei Bulbusdrehungen um eine horizontale Axe.

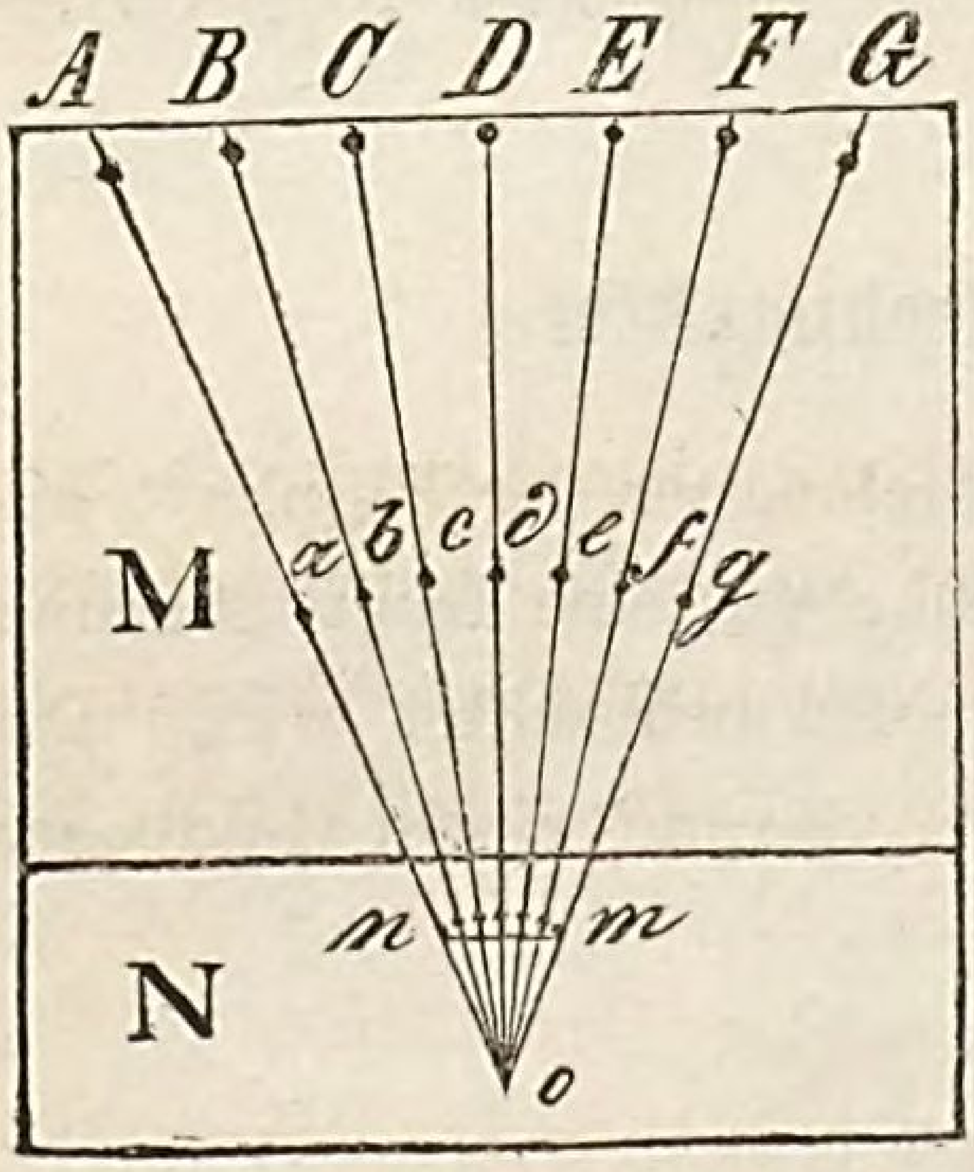


Fig. 90.

Die Länge des durch die Entfernung des Drehpunktes o bis zur Pupillenmitte gegebenen beweglichen Radius wird gefunden, indem man durch den Sinus des halben Winkels o die halbe Sehne nm des Bogens dividirt, den jener Radius bei der Bulbusdrehung beschreibt. Zur Messung von nm dient ein mit einem Ocularmicrometer versehenes Fernrohr, indem man die Zahl der Micrometer-Theilstriche bestimmt, durch welche die Pupillenmitte bei einer Bulbusdrehung von bestimmter Winkelgrösse durchgeht. Wird vorher der Werth der Theilstriche für die Entfernung des Fernrohres vom Auge ermittelt, so ist die Grösse der Sehne nm von selbst gegeben.

370. Gang der Lichtstrahlen im Auge.

Das Licht durchsetzt von der Hornhaut bis zum Linsenkern der Reihe nach stärker brechende Medien; die Strahlen werden also beim Uebergang je

in das nächste Medium dem Neigungsloth zugelenkt. Die Brechung ist weitaus am stärksten zwischen Luft und Hornhaut; viel geringer dagegen in den tieferen Medien. Beim Uebergang des Lichts aus der Linse in den Glaskörper findet sogar eine Ablenkung vom Loth statt. Die relativen (361) Brechungscoëfficienten sind:

Luft in Cornea $= 1,33.$

Cornea in Humor aqueus $= \frac{1,34}{1,33} = 1,006.$

Humor aqueus in Linse $= \frac{1,45}{1,34} = 1,08.$

Linse in Humor vitreus $= \frac{1,34}{1,45} = 0,92.$

Die Linse besteht aus einer grossen Zahl verschieden brechbarer Schichten; beim Durchgang durch die Linse erleidet also der Lichtstrahl vielfache Brechungen. Auch der Glaskörper u. s. w. ist kein ganz gleichartiges dioptrisches Medium. Die Oberflächen der Medien sind keine genauen Kugelflächen; ebensowenig liegen die Krümmungsmittelpunkte der Trennungsflächen genau in einer Linie, eine optische Axe gibt es also strenge genommen nicht (Senff, Helmholtz). Aus diesen und anderen Gründen ist nur eine genäherte Lösung der dioptrischen Aufgabe möglich. Demnach fällt die optische Axe (Hornhautaxe) nicht zusammen mit einer Geraden, die von der Mitte des gelben Fleckes zum gesehenen Punkt gezogen wird. Diese Gerade, die sog. Sehlinie, schneidet die Cornea an der Nasenseite der Hornhautaxe; Sehlinie und Hornhautaxe bilden durchschnittlich einen Winkel von 5°, sodass bei parallel gerichteten Sehlinien die Hornhautaxen um 10° von einander divergiren.

371. Construktion des Lichtganges im Auge.

Das Auge stellt ein zusammengesetztes dioptrisches System dar; durchsetzt, wie das auch im Auge der Fall ist, ein Strahl der Reihe nach mehrere brechende sphärische Medien, so hat man so viele »Hauptpunkte« als Trennungsflächen. Man kann aber statt aller dieser nur zwei Punkte substituiren, sodass der einfallende und der zuletzt gebrochene Strahl, d. h. die Richtung irgend eines Strahls im ersten und letzten Medium, analoge Beziehungen bietet, wie bei bloss einmaliger Brechung (Gauss). Man hat dann ein, dem in 366 geschilderten analoges Construktionsverfahren, für welches aber 3 Paare optischer Constanten einzuführen sind. Fig. 91 gibt für das mittlere Auge in doppelter Vergrösserung die beiden Focalebenen F_1 und F_2, die Focalpunkte f_1 und f_2, die erste H_1 und zweite H_2 Hauptebene und den ersten und zweiten Knotenpunkt, da wo Linien m^1 und m^2 die optische Axe oo schneiden.

Die beiden Hauptpunkte, sowie die Knotenpunkte liegen, wie man sieht, einander so nahe (4/10 Millimeter), dass wir sie für unsere Zwecke als zusammenfallend betrachten können. Wir übergehen desshalb die für die Construktion des Lichtganges in zusammengesetzten dioptrischen Systemen geltenden Normen

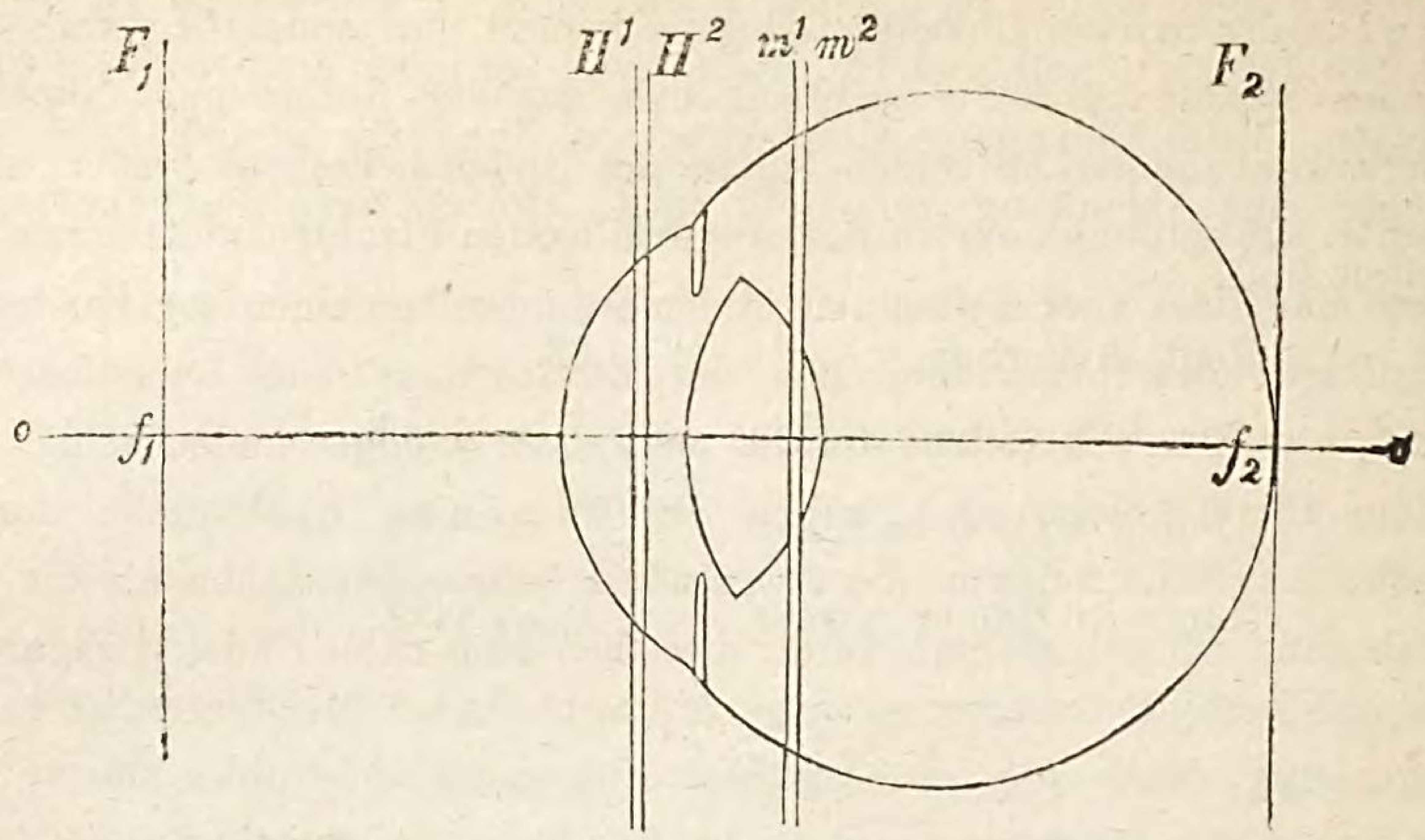


Fig. 91.

und nehmen bloss eine Hauptebene (zwischen H^1 und H^2) und einen einzigen Knotenpunkt an, auf der optischen Axe *oo* zwischen m^1 und m^2, 15,2 Millimeter vor der Netzhaut, in welchem alle Geraden (Richtungslinien) sich schneiden, die von den Objectpunkten zu deren entsprechenden Retinalbildpunkten gezogen werden, und construiren den Gang der gebrochenen Strahlen nach den Regeln des § 366.

Aus den Abmessungen des § 367 leitete Listing für die optischen Cardinalpunkte des (mittleren) Auges folgende Werthe in Millimetern ab:

Abstand des 1. Hauptbrennpunktes (f_1 Fig. 91) vor der Cornea	12,83
» » 2. » » (f_2 Fig. 91 hinter der hinteren Linsenfläche	14,6
Abstand des Hauptpunktes } hinter der Vorderfläche der Cornea	2,37
» » Knotenpunktes } hinter der Vorderfläche der Cornea	7,44
» » Knotenpunkts vor der Hinterfläche der Linse	0,56
» » 1. Hauptbrennpunkts vom Hauptpunkt (= erste Hauptbrennweite) .	15,20
» » 2. » » » » » (= zweite Hauptbrennweite)	20,27
Demnach beträgt die Länge der Sehaxe	22,60

Die von den beiden Endpunkten des Objectes durch den Knotenpunkt zur Retina gezogenen 2 Richtungslinien schliessen den sog. Sehwinkel ein, dessen Scheitel im »Knotenpunkt« liegt. Man hat also zwei ähnliche Dreiecke und kann die Grösse x des Netzhautbildchens berechnen, wenn gegeben ist: 1) Grösse M des Objectes; 2) dessen Abstand a vom Knotenpunkt und 3) der Abstand k des Knotenpunktes von der Netzhaut; letzterer beträgt nach Obigem 22,60 — 7,44 = 15,16 Millimeter. Da $M : x = a : k$, so hat man für $x = \frac{Mk}{a}$.

372. Netzhautbilder verschieden entfernter Objecte.

Wir sehen deutlich jeweils nur in bestimmten Entfernungen; die Strahlenbüschel, die von den Einzelpunkten der scharf gesehenen Objecte in das Auge fallen, vereinigen sich auf der Netzhaut und entwerfen auf derselben gut contourirte Bildchen. Weniger deutlich erscheint uns aber, was diesseits des fixirten Objectes liegt, weil die Strahlen, die von den näher liegenden Objectpunkten ausfahren, sich erst hinter der Retina vereinigen. Aber auch das

jenseits des fixirten Objectes Gelegene kommt uns undeutlich vor; die betreffenden Strahlenbüschel vereinigen sich vor der Retina und fahren dann wieder aus einander. In beiden Fällen des Undeutlichsehens treffen also die von einem Objectpunkt aus in das Auge fallenden Strahlen nicht einen Punkt, sondern eine Fläche der Retina; sie bilden auf derselben einen sog. Zerstreuungskreis. Durch das Ineinandergreifen der Zerstreuungskreise benachbarter Objectpunkte werden die Netzhautbilder mehr oder weniger undeutlich.

Zum Beweis dient ein Versuch Scheiner's. Sticht man durch ein Kartenblatt zwei Löchelchen, die etwas näher beisammen stehen als die Pupille breit ist, und betrachtet man durch dieselben eine nahe Nadel *n* Figur 92, so

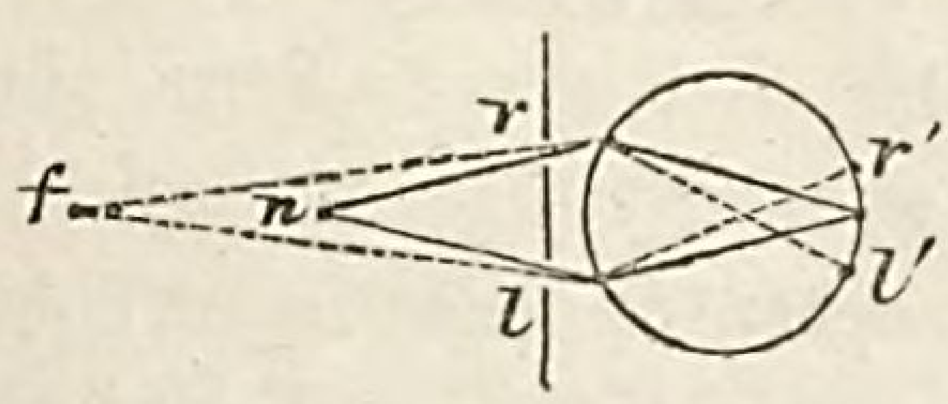


Fig. 92.

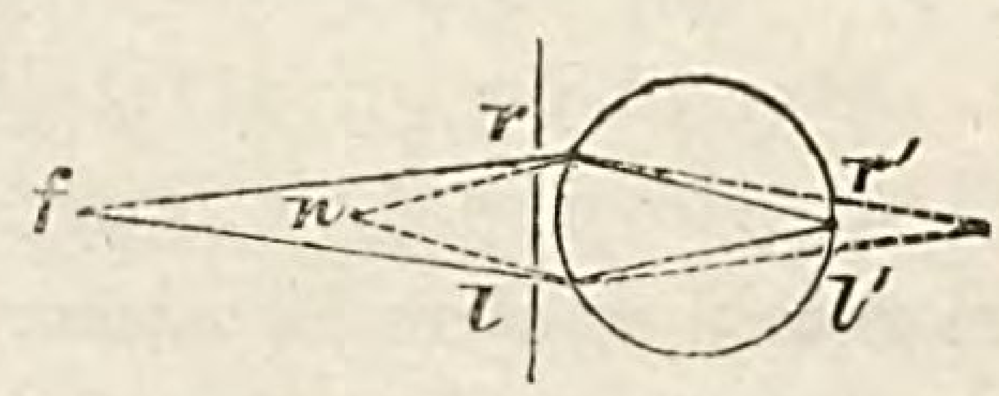


Fig. 93.

erscheint diese einfach und deutlich, die fernere *f* aber doppelt und weniger deutlich. Die von *n* ausfahrenden Strahlen schneiden sich auf der Retina, die von *f* ausgeschickten aber vor der Retina; sie treffen die beiden Retinalstellen *l'* und *r'*, *f* wird also doppelt gesehen. Fixirt man aber, Figur 93, *f*, so entwirft *n*, dessen Strahlen erst hinter der Retina sich schneiden, zwei Retinalbilder in *r'* und *l'*, und erscheint nunmehr doppelt.

Schliesst man das eine Loch, so verschwindet in Figur 92 das Doppelbild derselben Seite, in Fig. 93 dasjenige der anderen Seite (Porterfield). Es sei z. B. *r* das rechte Loch; die durch *r* von *n* ausgeschickten Strahlen treffen also in Fig. 93 eine relativ rechte Stelle (*r'*) der Retina. Was im Retinalbild rechts liegt, erscheint uns aber als ein linkes im Sehfeld; also verschwindet beim Zuhalten eines Loches in Fig. 93 das Doppelbild der anderen Seite.

Sicht man durch ein kleines Loch eines Kartenblattes, das vor der Pupille hin- und herbewegt wird, so bleibt der betrachtete Gegenstand, z. B. eine Nadel unbeweglich, während das herwärts Liegende sich in entgegengesetzter, das jenseits Liegende in derselben Richtung wie das Kartenblatt scheinbar bewegt (Mile). Die vom fixirten Punkt *a* (Fig. 94) ausfahrenden Strahlen vereinigen sich im Retinalpunkt *c*. Wird das Kartenblatt so bewegt, dass nur Strahl *am* ins Auge dringen kann, so wird letzterer wieder nach *mc* gebrochen; das Retinalbildchen von *a* ändert also seine Stelle nicht. Die von *f* ausfahrenden Strahlen

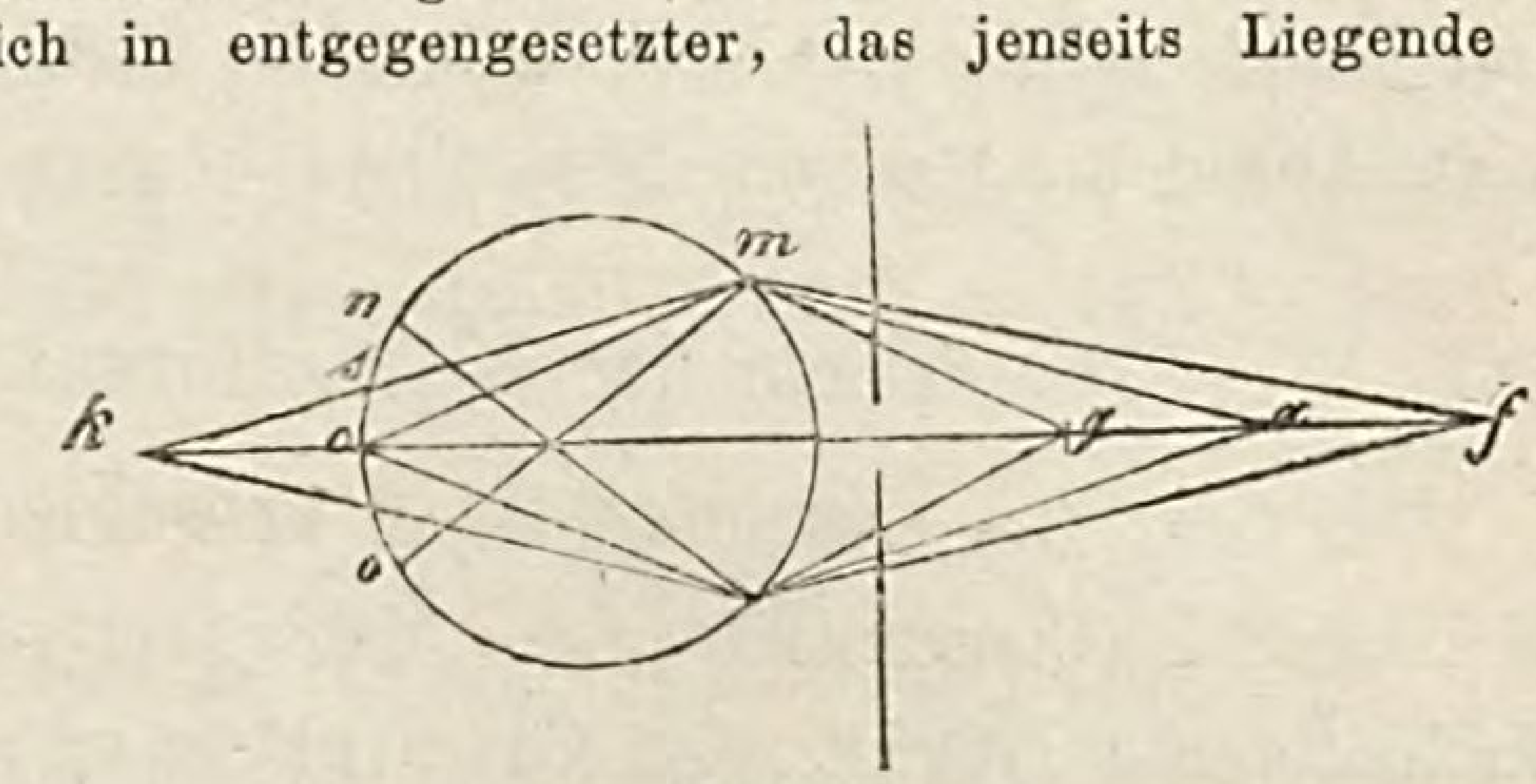


Fig. 94.

schneiden sich vor der Netzhaut und bilden auf dieser einen Zerstreuungskreis. (Letzterer hätte die Grösse *no* ohne den Schirm, durch die enge Oeffnung wird er natürlich bedeutend verkleinert.) Wird die Karte so bewegt, dass nur Strahl *fm* ins Auge dringt, so ist *o* das Retinalbild von *f*; der früher um die optische Axe gelegene Zerstreuungskreis von *f* hat sich also auf der Retina in einer Richtung verschoben, die der Ver-

schiebung der Karte entgegengesetzt ist; f erscheint demnach in derselben Richtung bewegt wie die Karte. Die von g ausfahrenden Strahlen schneiden sich erst hinter der Retina in k; wird die Karte verschoben, so dass nur der Strahl gm ins Auge fallen kann, so bewegt sich das um die optische Axe liegende Zerstreuungsbild des Objects g auf der Retina nach s, also in demselben Sinne wie die Kartenöffnung; g erscheint demnach dem Auge im entgegengesetzten Sinne bewegt.

373. Refractionszustand des ruhenden Auges.

Die in 367 gegebenen dioptrischen Grundwerthe beziehen sich auf das mittlere Auge. Die verschiedenen Augen zeigen aber bedeutende Abweichungen in den genannten Eigenschaften, vor allem im Bau und der Dicke der Augenmedien; sie sind desshalb auch bei vollkommener Ruhe des Accommodationsapparates für sehr verschiedene Entfernungen eingestellt. I) Das normalgebaute Auge ist für parallele Strahlen, d. h. für die Ferne eingerichtet. II) Das tiefgebaute Auge bringt auf seiner Netzhaut nur solche Strahlen zur Vereinigung, welche aus einem vor dem Aug gelegenen Punkt divergiren; es ist also mehr oder weniger »kurzsichtig« (sog. Myopie). III) Das flachgebaute (»übersichtige«) Auge ist für convergente Strahlen eingestellt, d. h. es bringt nur solche Strahlen auf seiner Netzhaut zur Vereinigung, die so gegen das Auge convergiren, dass sie sich erst in einem hinter dem Auge gelegenen Punkt schneiden würden; der Einstellungspunkt ist also negativ.

Die dioptrischen Medien des tiefgebauten Auges brechen das Licht zu stark; schwach-divergirende oder gar parallele Strahlen schneiden sich vor der Netzhaut, so dass fernere Gegenstände undeutlich gesehen werden. Unter den Ursachen sind stärkere Linsenkrümmung, überhaupt ein mehr länglicher Bau des Auges hervorzuheben und die optische Axe, deren normale Länge etwa 23 M. m. beträgt, kann sich bis 32 M. m. und darüber verlängern. Das für convergirende Strahlen adaptirte flachgebaute Auge bricht das Licht zu schwach, so dass in seinem Ruhezustand parallele, geschweige denn divergirende, Strahlen erst hinter der Netzhaut zur Vereinigung kommen. Demnach erhält ein solches Auge im Ruhezustand keine deutlichen Netzhautbilder, sondern erst nach einer gewissen Accommodationsthätigkeit. Die Hornhaut oder Linse ist abgeplattet und überhaupt die Länge der optischen Axe verkleinert. Beide Abweichungen vom Normalbau können angeboren oder erworben sein.

374. Grade der Refractionsanomalien. Brillen.

Um ferne Gegenstände deutlich zu sehen, bedarf der Kurzsichtige ein Zerstreuungsglas (Concavbrille), der Uebersichtige ein Sammelglas (Convexbrille) von bestimmter Stärke. Die Concavgläser erzeugen kleinere, die Convexgläser grössere Netzhautbilder. Die Stärke wird bestimmt durch den Abstand des Brennpunktes (der bei Concavgläsern virtuell ist) von der Linse. Die stärksten Gläser, d. h. diejenigen, welche am meisten zerstreuend, resp. sammelnd, wirken, haben eine kleine Brennweite, also nur wenige, selbst bloss 2 Zolle und darunter. Die

Stärke einer Linse ist also umgekehrt proportional zu ihrer Brennweite f; sie wird ausgedrückt durch $\frac{1}{f}$. Die Brillen sind nach den Brennweiten numerirt; die Ausdrücke $\frac{1}{8}$ oder $-\frac{1}{10}$ bedeuten also Linsen von 8 par. Zoll positiver und 10 Zoll negativer Brennweite.

Je mehr die Refraction eines Auges von der Norm abweicht, desto stärker muss die Brille sein, wenn dasselbe im Ruhezustand seines Accommodationsapparates ferne Gegenstände deutlich sehen soll. Man hat also für den Kurzsichtigen das schwächste Concavglas, für den Uebersichtigen das stärkste Convexglas zu finden, durch welches fernere Objecte deutlich gesehen werden. Als solche benutzt man grosse Lettern auf etwa 30 Fusse Abstand, die das unbewaffnete normale Auge noch zu erkennen vermag. Die dazu nöthige Brillennummer dient zur Bezeichnung des Grades und (je nach dem Vorzeichen + und —) auch der Art der Refractionsanomalie.

Die Ausdrücke $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{12}$ Kurzsichtigkeit bedeuten demnach, dass No 6 oder 12 der Concavgläser nöthig sind, um in die Ferne zu sehen. Um Strahlen, die von einem nahen Punkt p kommen, so abzulenken, als ob sie von einem fernen r kämen, ist nöthig eine Linse $\frac{1}{p} - \frac{1}{r} = \frac{1}{a}$, wo a die Brennweite der Linse ausdrückt. Also hat man für den ersten der obigen Fälle $\frac{1}{6} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{6}$. Bei hohen Graden von Kurzsichtigkeit, etwa von $\frac{1}{5}$ an, wählt man jedoch schwächere Brillen, welche das ruhende Auge bloss auf wenige Fuss Abstand einstellen.

Zur schärferen Bezeichnung der Kurzsichtigkeit und Uebersichtigkeit ist noch der Abstand des Glases von der Krystallinse mit $\frac{3}{4}$ Zoll in Rechnung zu bringen. Bedarf ein Auge Glas $-\frac{1}{8}$, um in die Ferne zu sehen, so ist seine Kurzsichtigkeit $= \frac{1}{8 + 3/4}$; bedarf ein anderes zu diesem Zweck Glas $+\frac{1}{10}$, so ist der Grad seiner Uebersichtigkeit $\frac{1}{10 - 3/4}$.

Innerhalb seines engen Sehbereiches sieht der Kurzsichtige deutlich; indem er die Gegenstände dem Auge sehr nahe bringt, erblickt er sie unter grösseren Sehwinkeln und Lichtstärken und sieht desshalb kleine Objecte deutlicher als der Normalsichtige.

375. Asymmetrie der Augenmedien.

Die bisherige Voraussetzung, die Oberflächen der brechenden Augenmedien seien kugelförmig, also genau symmetrisch gebaut, ist nicht strenge richtig. Meistens ist nach Donders die Linse, sowie die, besonders in Betracht kommende Hornhaut in senkrechter Richtung stärker gekrümmt als in wagrechter.

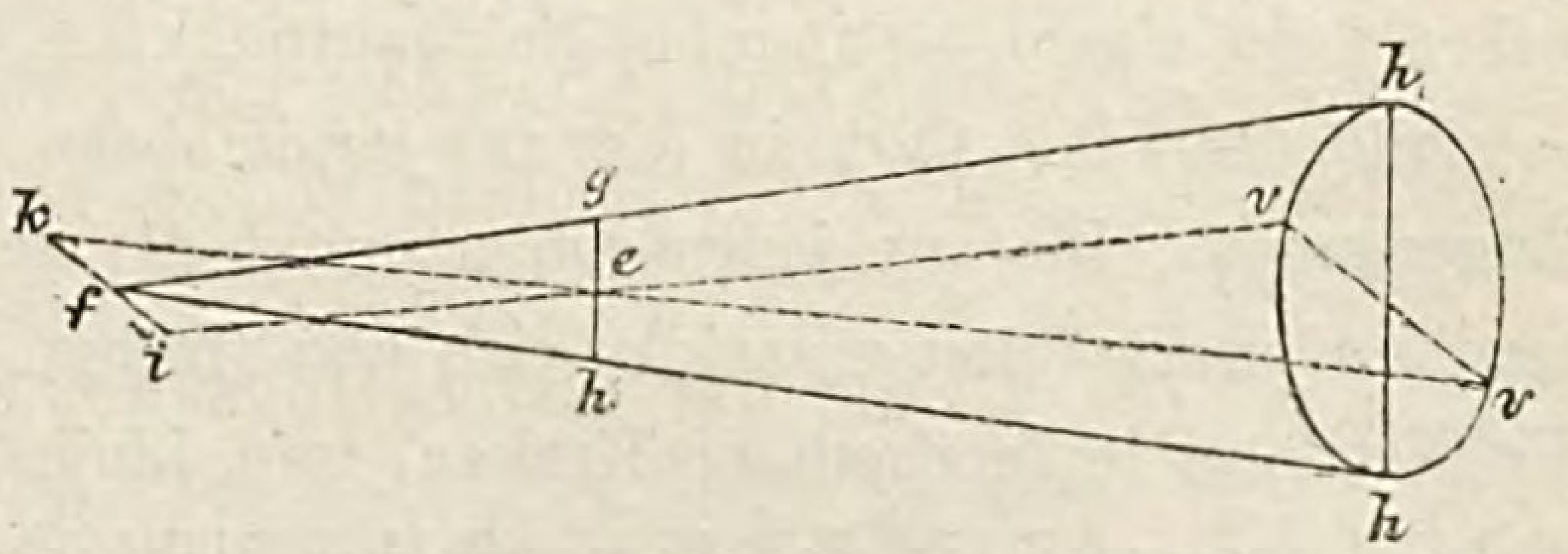


Fig. 95.

Die von einem Leuchtpunkt ausfahrenden Strahlen kreuzen sich desshalb nach der Brechung nicht in einem Netzhautpunkt, sondern in einer gewissen Ausdehnung: der sog. Brennstrecke (Fig. 95 e bis f), die nach Sturm folgende Form hat. Nach der Brechung convergiren die Strahlen, die im senkrechten Meridian $v\,v$ Fig. 95 verlaufen, stärker als diejenigen des wag-

rechten Meridianes *hh*; die ersteren kommen daher früher als die letzteren zur Vereinigung. Ein Durchschnitt des convergirenden Strahlenkegels vor der Vereinigung hat die Form *A*, Fig. 96. Etwas weiter rückwärts schneiden sich die senkrechten Strahlen, während

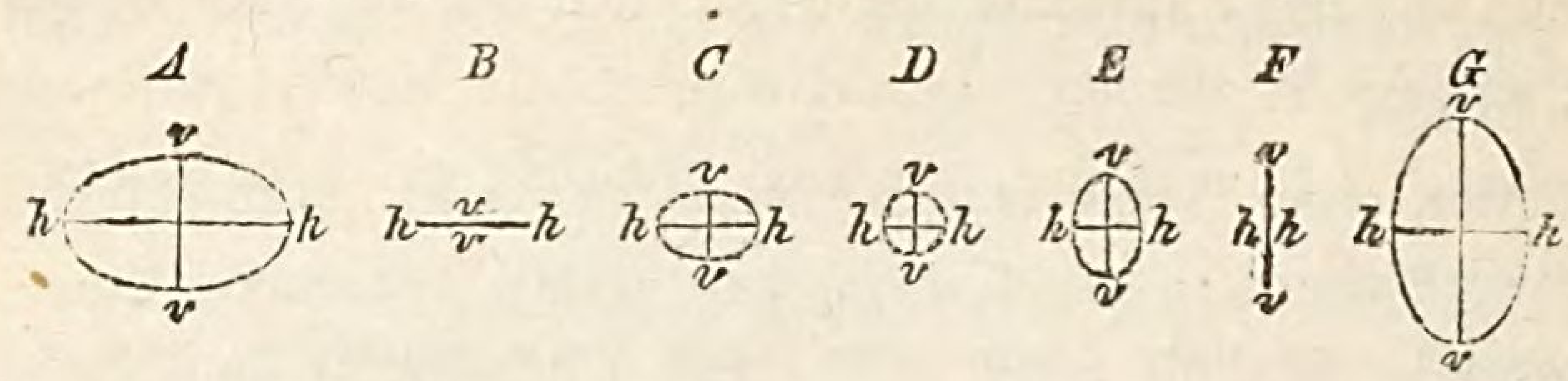


Fig. 96.

die wagrechten noch convergiren (*B*). Eine Strecke weiter fahren die senkrechten Strahlen wieder auseinander, die wagrechten sind einander noch mehr genähert (*C*), was in *D* und *E* noch mehr der Fall ist. In *F* kommen die wagrechten zum Schneiden, und die senkrechten divergiren noch mehr. In *G* divergiren auch die wagrechten Strahlen. Die im senkrechten und wagrechten Meridian verlaufenden Strahlen bleiben immer in der senkrechten, resp. wagrechten Ebene und kommen desshalb zum Schneiden; alle anderen Strahlen des Lichtkegels aber, die in den übrigen Meridianen verlaufen, kommen nicht zum Schneiden, sie treten durch die wagrechte Linie (*B* Fig. 96, sowie *gh* Fig. 95), die sog. vordere Brennlinie (die durch den Brennpunkt der senkrechten Strahlen halbirt wird) und die senkrechte Linie *F* Fig. 96 und *ki* Fig. 95: die sog. hintere Brennlinie (die vom Brennpunkt der wagrechten Strahlen halbirt wird).

Die Brennstrecke bildet also ungefähr in ihrer Mitte einen kreisförmigen Zerstreuungskreis *D*, nach beiden Seiten hin aber elliptische Zerstreuungskreise, deren grosse Axen rechtwinklig auf einander stehen.

376. Einfluss der Asymmetrie auf das Sehen.

Obschon die, von einem Objectpunkt in das Auge fallenden Strahlen nicht in einem Netzhaut p u n k t vereinigt werden, so entspringen doch daraus keine Störungen für das normale Auge. Soll nämlich eine s e n k r e c h t e Linie scharf gesehen werden, so muss das Auge eingestellt sein für diejenigen Strahlen, die von jedem Punkt dieser Linie wagrecht divergiren; diese Strahlen schneiden sich also in einem bestimmten Netzhautpunkt, z. B. in *f* Fig. 95, und das Netzhautbild der Linie fällt in die zur Papierebene senkrechte *ki* und deren Verlängerungen. Die von jedem Objectpunkt der senkrechten Linie senkrecht divergirenden Strahlen schneiden sich aber früher, z. B. in *e*, und treffen sodann die Netzhaut in Zerstreuungs-Kreisen, resp. Linien, die aber das deutliche Sehen nicht stören, weil sie sich in vertikaler Richtung, (wiederum in der Richtung *ki* und deren Verlängerungen) decken. Soll dagegen eine wagrechte Linie genau gesehen werden, so müssen die von jedem Objectpunkt vertikal divergirenden Strahlen sich auf der Netzhaut, z. B. in *e*, schneiden, die wagrecht divergirenden treffen zwar die Netzhaut in Zerstreuungskreisen *gh* und deren Verlängerungen; die Zerstreuungskreise decken sich aber und stören die Deutlichkeit des Bildes nicht.

Also muss 1) eine senkrechte Linie für den schwächer brechenden horizontalen Meridian und 2) eine wagrechte Linie für den stärker brechenden senkrechten Meridian eingestellt werden. Desshalb sehen die Meisten eine horizontale und eine senkrechte feine Linie, die sich kreuzen, gleichzeitig nicht vollkommen scharf (Young).

Es folgt weiter: 1) Sieht man einen horizontalen feinen Draht scharf, so muss ein vertikaler, um ebenso deutlich zu erscheinen, weiter vom Auge abstehen. 2) Entfernt man sich von einem feinen Fadenkreuz, oder bringt man dasselbe dem Auge möglichst nahe, so verschwindet die senkrechte Linie früher als die horizontale.

377. Astigmatismus.

Eine geringe Asymmetrie der Augenmedien ist eine normale Erscheinung, wogegen die höheren Grade: der Astigmatismus (so benannt, weil Strahlen, die von einem Punkt ausfahren, nicht in einem Punkt — Stigma — vereinigt werden) das Sehen stören, weil die Zerstreuungsbilder der einen Richtung über die scharfen Bilder der andern, für die man accommodirt ist, fallen.

Zum Nachweis, auch schwacher Grade von Asymmetrie dienen die Zerstreuungskreise eines Lichtpunktes ausserhalb der deutlichen Sehweite. Der Punkt wird alsdann länglich gesehen. Als Lichtpunkt benutzt Donders ein kleines rundes Loch in einem schwarzen Schirm, während das Auge mittelst einer Convexbrille, z. B. No. 60, schwach kurzsichtig gemacht ist. Das Loch erscheint nunmehr länglich vertikal, weil die Retina von einem Zerstreuungsbildchen von der Form *G* Fig. 96 getroffen wird. Macht man dann das Auge durch eine Concavbrille (No. 30 z. B.) etwas übersichtig, so erscheint das Loch, weil der Zerstreuungskreis in horizontaler Richtung vorwiegt, länglich horizontal (*A* Fig. 96). Ist ausnahmsweis der horizontale Augenmeridian stärker gekrümmt, so verhalten sich die Richtungen der Zerstreuungskreise umgekehrt.

Der normale Unterschied der Sehweite für den horizontalen und vertikalen Augenmeridian ist nur gering (nach Donders $\frac{1}{140}$ bis $\frac{1}{60}$); Astigmatismus im engern Sinn beginnt von etwa $\frac{1}{40}$ an. Man unterscheidet a) und b) Normale Refraction in dem einen Meridian, verbunden in dem darauf rechtwinkligen Meridian mit Kurzsichtigkeit oder Uebersichtigkeit. c) Beide Meridiane ungleich kurzsichtig. d) Beide Meridiane ungleich übersichtig. e) Ein Meridian kurzsichtig, der andere übersichtig: gemischter Astigmatismus. Man hat also die Aufgabe, den Refractionszustand des Auges im vertikalen und horizontalen Meridian in folgender Weise zu bestimmen. Man hält eine feine Spalte vertikal vor das Auge, sodass nur solches Licht, welches in diesem Meridian divergirt, einfallen kann und bestimmt dann nach allgemeinen Regeln (374) den Refractionszustand resp. den Grad der Kurz- und Uebersichtigkeit mittelst eines Concav- resp. Convexglases. Dieselbe Bestimmung macht man sodann bei horizontaler Lage des Schlitzes. Aus dem Unterschied des Refractionszustandes beider Hauptmeridiane ergibt sich der Grad des Astigmatismus.

Z. B. der eine Meridian normal, der andere kurzsichtig mit $\frac{1}{6} = \frac{1}{6} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{6}$ einfacher kurzsichtiger Astigmatismus. Oder beide Meridiane kurzsichtig mit $\frac{1}{20}$ und $\frac{1}{10} = \frac{1}{10} - \frac{1}{20} = \frac{1}{20}$ zusammengesetzter kurzsichtiger Astigmatismus (verbunden mit $\frac{1}{20}$ Kurzsichtigkeit). Oder ein Meridian übersichtig mit $\frac{1}{12}$, der andere kurzsichtig mit $\frac{1}{24} = \frac{1}{24} + \frac{1}{12} = \frac{1}{8}$ (mit Kurzsichtigkeit) gemischter übersichtiger Astigmatismus.

378. Cylinderbrillen.

Die für astigmatische Augen erforderlichen Brillen hat schon der Astronom Airy angedeutet: concave resp. convexe Linsengläser von cylindrischer Krümmung, deren Oberflächen nach einer Richtung stärker gekrümmt sind als nach der darauf rechtwinkligen. Durch das passende Glas erblickt der Astigmatiker die Gegenstände schärfer und einen Punkt nicht mehr wie verzogen. Ein solches Glas dient für die ganze deutliche Sehweite, zum Beweis, dass der Zustand von der Accommodation unabhängig ist. Die Cylindergläser zerfallen in 3 Ordnungen und jede der letzteren wieder in sammelnde oder zerstreuende. Bei der Angabe der Brennweite fügt man, zur Unterscheidung von den gewöhnlichen sphärischen Brillen, den Buchstaben *c* bei. 1) Einfach wirkende cylindrische Gläser. Es ist entweder nur eine Fläche cylindrisch, oder, wenn beide, so sind dieselben in gleichem Sinne gekrümmt. Sie verändern also die Brennweite des Auges bloss nach einer Richtung, indem in der darauf rechtwinkligen Richtung ihre Brennweite unendlich ist. Sie passen demnach für die Formen *a* und *b* (s. vorigen §) des Astigmatismus; und zwar für *b* Gläser von $\frac{1}{50}$ *c* bis $\frac{1}{5}$ *c*, für *a* solche mit — $\frac{1}{50}$ *c* bis — $\frac{1}{5}$ *c*. Sie sind biconcav (resp. convex), planconcav und convex-concav. II) Sphärisch-cylindrische Gläser: eine Fläche ist kugelig, die andere cylindrisch gekrümmt. Die negativen mit concaven Krümmungen für Form *c* (§ 377) des Astigmatismus, die positiven Gläser mit convexen Krümmungen für Form *d*. Solche Gläser heben zugleich die vorhandene Kurz- resp. Uebersichtigkeit auf.

Z. B. der Fall von zusammengesetztem kurzsichtigem Astigmatismus des § 377 Anmerkung, verlangt ein Glas mit — $\frac{1}{20}$ *s* (gewöhnliche sphärische Krümmung) einerseits und — $\frac{1}{20}$ *c* andererseits.

III) Bicylindrische Gläser: zwei cylindrische Krümmungsflächen mit rechtwinkelig auf einander stehenden Axen (zum Unterschied der bicylindrischen der Classe I). Sie beseitigen die Fehler des gemischten Astigmatismus.

Z. B. der in § 377 erwähnte Fall verlangt ein Glas mit $\frac{1}{12}$ *c* und — $\frac{1}{24}$ *c*.

Dreht man ein schwaches Cylinderglas z. B. von $\frac{1}{80}$ vor einem normalen Auge mit einem Astigmatismus von bloss $\frac{1}{80}$, so wird der Astigmatismus bei einer gewissen Stellung des Glases $\frac{1}{80} + \frac{1}{80} = \frac{1}{40}$, also bereits für das Sehen etwas störend. Bei der dazu rechtwinkeligen Stellung des Glases ist aber der Astigmatismus vollständig corrigirt. Diess ist nach Donders das empfindlichste Prüfungsmittel auch für die geringsten Grade des normalen Astigmatismus.

c) Accommodation.

379. Accommodationsänderungen im Auge.

Aus 372 ergibt sich unmittelbar die Nothwendigkeit von Veränderungen der brechenden Medien des Auges, wenn die nahen oder fernen Objecte ein genaues Netzhautbild entwerfen sollen. Beim Sehen in die Nähe wird nämlich

nach Cramer und Helmholtz die Linse dicker und deren Vorderfläche convexer, wogegen beim Sehen in die Ferne die Vorderfläche der Linse sich mehr abflacht. Um dieses nachzuweisen dient der Purkinje'sche Versuch (359); das Spiegelbildchen der Hornhaut ändert beim Sehen in verschiedene Entfernungen weder Lage noch Grösse; also bleibt die Wölbung der Hornhaut unverändert. Nahezu dasselbe gilt vom Spiegelbildchen der hinteren Linsenfläche. Dagegen wird beim Nahesehen das Spiegelbildchen der vorderen Linsenfläche kleiner, etwa um die Hälfte (Convexspiegel geben um so kleinere Bilder, je stärker sie gekrümmt sind), und es rückt etwas nach vorwärts, wie denn auch die Iris zugleich ein wenig vorwärts tritt (Huschke). Diese Thatsachen beweisen, dass beim Nahesehen 1) die Linse in der Richtung der optischen Axe dicker und an ihrer Vorderfläche convexer, ihre Brennweite also viel kürzer wird, und 2) die übrigen Augenmedien sich nicht verändern. Nach Helmholtz beträgt beim Sehen in die Nähe der Krümmungsradius der vorderen Linsenfläche 6 Millimet. (also 3—4 Millimet. weniger als beim Fernsehen), während der Scheitel der vorderen Linsenfläche um $^1/_2$ M. m. nach vorwärts rückt.

L Fig. 97 sei die Flamme, *A* das beobachtende Auge; beide bilden gleiche Winkel mit der Augenaxe *OO*. Das von der Hornhaut bei 1 nach *A* geworfene Reflexbild wird projicirt auf den Punkt *a* der Pupillenfläche *PP*; das von der vordern Linsenfläche 3 herrührende Bild, welches in der Richtung 3 *A* in das Auge reflektirt wird, wird nach *c*, das Reflexbild 4 der hinteren Linsenfläche nach *d* verlegt. Die 3 Bildchen erscheinen also neben einander. Wölbt sich nun die Vorderfläche der Linse bis 2, während die Oberflächen der übrigen Brechungsmedien sich nicht ändern, so bleiben die Richtungen der reflektirten Strahlen 1 *A* und 4 *A* dieselben, wogegen die vordere Linsenfläche das von *L* auffallende Licht in der Richtung 2 *A* reflektirt; das Bildchen selbst wird in den Punkt *b* verlegt, also näher bei *a* wahrgenommen.

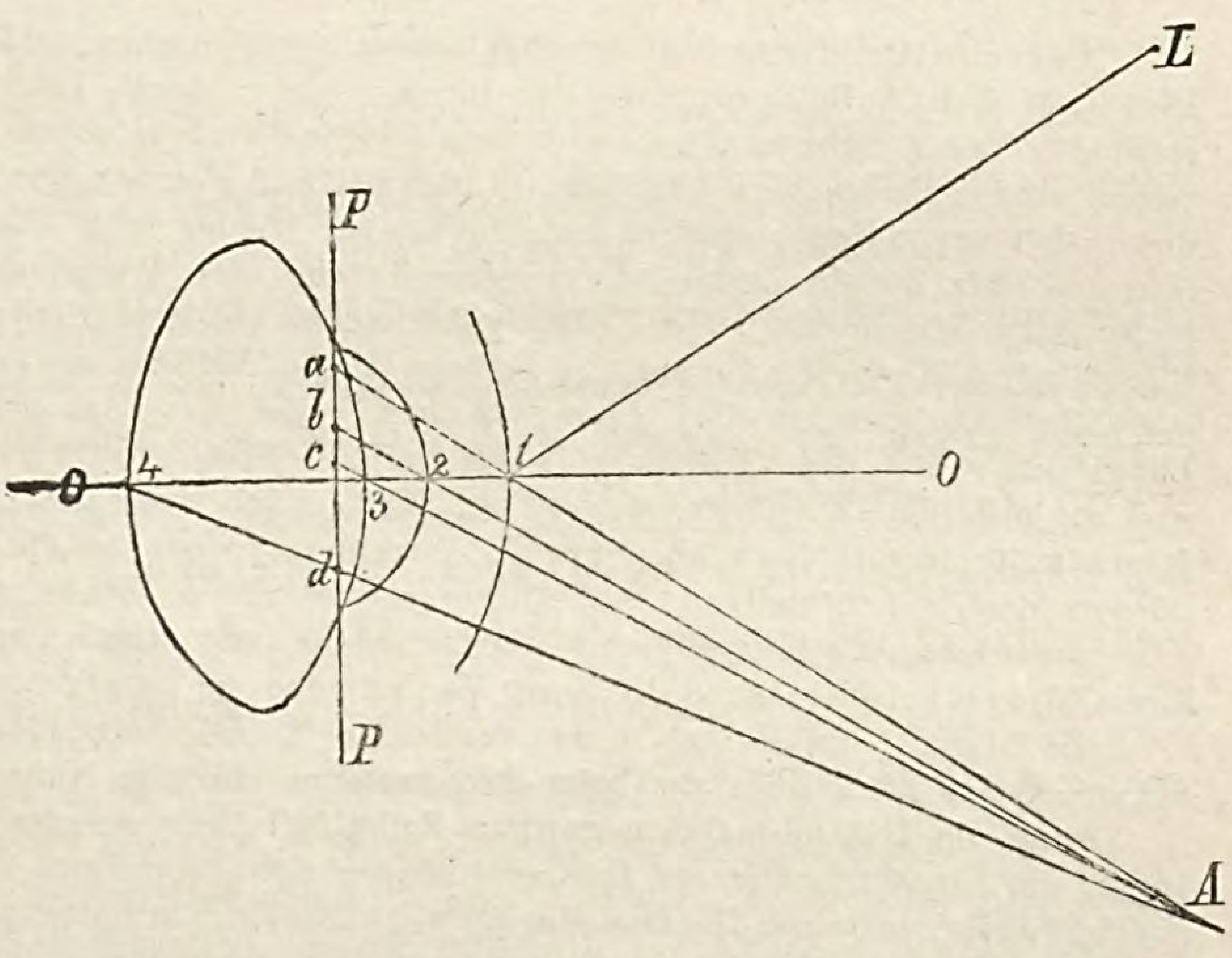


Fig. 97.

380. Accommodationsmusculatur.

Die accommodativen Formveränderungen der Linse werden bedingt durch die Wechselzustände des von Bowman, Brücke und H. Müller beschriebenen Musc. ciliaris s. tensor choroideae; dieser, dem organischen System angehörende und den ganzen Umfang der Hornhaut begleitende Muskelring besitzt Längs- und Ringfasern. Die ersteren verlaufen nach hinten in die Ciliarfortsätze und den vordersten Theil der Choroidea; die Ringfasern dagegen sind besonders um den inneren Rand des Muskelringes gelagert. Ueber den Mechanismus, mittelst welches diese Muskelfasern auf die Linse wirken, weichen die Ansichten wesentlich von einander ab. Beim Nahesehen ist der Muskel thätig; wir haben ein Gefühl von Druck im Auge beim anhaltenden Betrachten sehr naher Gegenstände, nicht aber beim Sehen in die Ferne. Die Contraction des Musc. ciliaris ist vom N. oculomotorius abhängig; bei Reizung der Ciliarnerven beobachteten Hensen und Völckers eine Hervorwölbung der vorderen Linsenfläche. Die Thätigkeitsgrade des N. oculomotorius bei der Accommodation scheinen auf reflectorischem Wege (durch noch nicht näher ermittelte Specialbedingungen) eingeleitet zu werden.

Helmholtz fusst bei der Erklärung des Convexerwerdens der Vorderfläche der Linse auf dem Aufhängeapparat der Linse, welcher durch zwei Glashäute, die als Fortsetzungen der Membranae hyaloidea und limitans zu betrachten sind, gebildet wird. Dieselben sind zwischen der Ora serrata retinae und dem Corpus ciliare eine Strecke lang unter sich verwachsen, spalten sich dann aber wieder in 2 Blätter, welche auf die hintere und (als Zonula Zinnii) die vordere Fläche der Peripherie der Linsenkapsel sich fortsetzen. Der durch beide Blätter gebildete Raum, Canalis Petiti, enthält ein Minimum Flüssigkeit. Nach Helmholtz bedingt diese Aufhängung der Linse wesentlich die beständige Compression der Linsensubstanz. Bei der Accommodationsarbeit zieht die Längsfaserschicht des Ciliarmuskels das vordere Ende der Choroidea etwas nach vorwärts und zugleich den Aufhängeapparat der Linse nach vorwärts und einwärts. Die Ringfasern unterstützen diese abspannende Wirkung, indem sie die innere Fläche des Ciliarkörpers nach innen ziehen. Der Aufhängeapparat der Linse würde also (wenigstens in seinem vorderen Theil zwischen Ciliarfortsätzen und Linse) entspannt, sodass die von ihrem Druck befreite Linse an ihrer Vorderfläche sich stärker wölben kann.

Die ältere, durch Cramer vertretene Theorie nimmt dagegen eine zunehmende Spannung der Linsensubstanz beim Accommodiren für die Nähe an.

Auch die Iris leistet eine gewisse Beihülfe. Beim Nahesehen wird (357) die Pupille enger, die Circularfasern der Iris contrahiren sich; kommen nun auch die Radiärfasern in Thätigkeit, so muss die Iris eine gewisse Steifung erhalten; die Peripherie der Linse empfängt also einen Druck von vorn und die centraleren Theile der Vorderfläche der elastischen Linse gewinnen eine stärkere Convexität. Diese von Cramer hervorgehobene, Betheiligung der Iris an der Formveränderung der Linse wird durch die Erfahrung, dass auch beim angeborenen Irismangel oder nach Ausschneidung eines Theils derselben (Iridectomie) noch Accommodation möglich ist, keineswegs widerlegt.

381. Accommodationszeit.

Geht man über von einem fernen, scharf contourirten Object (weiss auf dunklem Grund) zu einem nahen (weissen und dünnen) Faden, so wird das im ersten Moment breite und verwaschene Bild des letzteren schnell schmaler und deutlicher, bis er mit scharfen Umrissen, ohne Zerstreuungskreis gesehen wird

Die Accommodation von Nah auf Fern geschieht viel schneller als umgekehrt. Die erstere, entschieden leichtere Aufgabe, besteht in einem plötzlichen Nachlass der Muskelspannung (des M. ciliaris u. s. w.), und — nach Cramer — auch der Linsenspannung; die Federkraft der Linse würde also (im Gegensatz zu der Helmholtz'schen Theorie 380) beim Uebergang auf ferne Objecte unterstützend wirken. Die Accommodationsänderungen innerhalb zweier, dem Auge sehr nahen Distanzen brauchen relativ viele Zeit.

Zu den folgenden Zeitmessungen benützte Vierordt das Wheatstone-Hipp'sche Chronoscop (295). Der Abstand des nahen Objectes vom Auge wechselte in diesen Versuchen zwischen 10 bis 64 C.m.; das ferne Object war beständig 18 Meter entfernt.

Abstand des nahen Objectes vom Auge.	Zeiten in Sekunden für die Accommodation.	
	Fern auf Nah.	Nah auf Fern.
10	1,18	0,84
11	0,94	0,66
12	0,83	0,57
14	0,77	0,52
16	0,64	0,46
22	0,60	0,44
28	0,49	0,39
34	0,43	0,37
40	0,30	0,29
52	0,24	0,22
64	0,20	0,15

382. Accommodationslinie.

Wir sind jeweils nicht bloss für eine einzige Entfernung accommodirt, sondern für eine Anzahl hinter einander befindlicher Punkte des Sehfeldes. Die Linie, welche diese Punkte einschliesst, nennt Czermak Accommodationslinie; ihre Länge nimmt zu mit zunehmender Entfernung des fixirten Objectes vom Auge. Wir sehen in der That alles gleich scharf, was jenseits 180—200 Fusse Abstand von uns bis zum Horizont liegt. Bei sehr grosser Näherung des Fixationspunktes aber sind die Meisten nahezu nur für einen einzigen Abstand accommodirt; ein vor das Auge, ungefähr rechtwinkelig gegen das Antlitz, gehaltener längerer Faden z. B. erscheint dann bloss an einem Punkt (oder doch nur in einer kurzen Linearausdehnung) scharf, von wo aus er nach beiden Seiten hin allmälig breiter und undeutlicher wird wegen der zunehmend grösser werdenden Zerstreuungskreise. Beim Sehen in die Nähe bewirken schon sehr kleine Aenderungen im Abstand der Objecte eine merkliche Undeutlichkeit der Retinalbilder, wenn die Accommodation sich nicht ändert. Dieses ist auch ersichtlich aus nachstehender Tabelle Listing's, welche für das in die Ferne blickende Auge für Objecte näherer Distanzen angibt 1) die Grösse der Zerstreuungskreise und 2) den Ort der Objectbilder hinter der Retina.

Abstand des Objectpunktes vom ersten Hauptbrennpunkt in Metern.	Durchmesser des Zerstreuungskreises in Millimetern.	Abstand des Objectbildes hinter der Retina in Millimetern.
Unendlich	0	0
65	0,0011	0,005
25	0,0027	0,012
12	0,0056	0,025
6	0,0112	0,05
3	0,0222	0,10
1,5	0,0443	0,20
0,75	0,0825	0,40
0,375	0,161	0,80
0,188	0,312	1,60
0,094	0,576	3,20
0,088	0,648	3,42

383. Accommodationsbreite des thätigen Auges.

Die (meisten) Augen sind im Ruhezustand des Accommodationsapparates auf diejenige grösste Entfernung eingestellt, innerhalb welcher sie noch deutlich sehen können, den sog. Fernpunkt oder besser Ruhepunkt. Die Accommodationsarbeit bewirkt also immer Einstellungen auf geringere Abstände; der der grössten Accommodationsanstrengung entsprechende Punkt heisst Nahpunkt. Derselbe entfernt sich um so mehr vom Ruhepunkt, gleiche Lage des letzteren vorausgesetzt, je stärker die Linse gewölbt werden kann. Der zwischen dem Ruhe- und Nahpunkt gelegene Abstand heisst Accommodationsbreite (Acc. amplitude, Sehweite); was ausserhalb derselben liegt, kann nicht mehr deutlich gesehen werden. Mittlere Sehweite heisst diejenige, für jedes Auge constante Entfernung, in welche wir die Gegenstände, namentlich mittlere Druckschriften bringen, wenn wir dieselben möglichst genau, anhaltend und mit verhältnissmässig geringster Anstrengung sehen wollen. Dieselbe beträgt für das Normalauge 8—10 Zolle.

384. Einfluss des Augenbaus auf Accommodationsbreite.

1) Das Normalauge sieht auf die grössten Entfernungen deutlich; sein Ruhepunkt liegt also unendlich weit ab, sein Nahpunkt nähert sich dem Auge bis auf 5 Zoll (12 C. M.), bei jungen Individuen noch mehr; die Accommodationsbreite ist somit unendlich gross. II) Beim kurzsichtig gebauten Auge ist der Ruhepunkt mehr oder weniger nahe und der Nahpunkt rückt auf 4 bis selbst 2 Zoll, und noch mehr, an das Auge heran. Die Accommodationsbreite ist daher selbst bei normaler Funktionirung des Accommodationsapparates gering. III) Die erst von Stellwag, Donders und Jäger jun. richtig gewürdigte Uebersichtigkeit ist um so mässiger, je weniger die Strahlen convergiren, für welche das ruhende Auge eingestellt ist, je weiter also der Convergenzpunkt der Strahlen hinter dem Auge liegt. Die zunehmeude Accommodationsarbeit bewirkt hier der Reihe nach Einstellungen für schwächer

convergirende, für parallele und endlich für divergirende Strahlen und zwar im letzteren Fall so, dass der Nahpunkt dem Auge sogar ziemlich nahe rücken kann. Der Ruhepunkt (Fernpunkt) ist also negativ, der Nahpunkt positiv; die Accommodationsbreite unendlich gross sowohl negativ als positiv, doch so dass bei schwacher Uebersichtigkeit der positive Theil überwiegt. In hohen Graden von Uebersichtigkeit dagegen bringt es selbst die grösste Accommodationsanstrengung nur zu Einstellungen für mindere Convergenzen; die Accommodationsbreite bleibt also negativ und gering.

Die Leistungen des Accommodationsapparates sind demnach, selbst bei normaler Funktionsgrösse desselben, sehr verschieden in verschieden gebauten Augen. Der Normalbau ist am günstigsten gestellt, denn er hat gar keine Accommodationsarbeit nöthig, um von unendlicher Ferne bis auf einige 60 Meter überzugehen, weil bei letzterem Abstand die Objectpunkte auf der Retina Zerstreuungskreise von bloss 0,001 M.m. Durchmesser bilden, die wegen ihrer Kleinheit nicht stören (382 Tabelle). Die stärkere Accommodationsarbeit beginnt hier erst bei bedeutenderen Näherungen der Objecte. Aus letzterem Grunde braucht das kurzsichtig gebaute Auge immer Accommodationsanstrengungen, um von seinem Ruhepunkt auf nähere Distanzen überzugehen. Auch das Uebersichtige verwendet, selbst im günstigsten Fall, bereits einen kleinen Theil seiner Accommodationsanstrengung, um sich nur für die unendliche Ferne einzurichten.

385. Einfluss der Funktionirung des Accommodationsapparates auf die Accommodationsbreite.

Die Leistungsfähigkeit der Accommodationsmuskeln wird beeinträchtigt 1) durch Abnahme oder gar gänzlichen Verlust ihrer Contractionsfähigkeit oder 2) durch das Verharren in einer beständigen erhöhten activen Spannung. Die Leistungsfähigkeit der Krystalllinse nimmt ab mit der, namentlich im höheren Alter, zunehmenden Dichtigkeit ihrer Substanz, wodurch ihre Wölbungsfähigkeit gemindert wird. Diese Verhältnisse führen zur Fern- und Nahsichtigkeit (Presbyopie und Myopie), Ausdrücke, die sich auf Funktionsanomalien des Accommodationsapparates beziehen, im Gegensatz zu den vom Augenbau bedingten Zuständen der Kurz- und Uebersichtigkeit.

Der Fernsichtige vermag mittelst seiner Accommodationsarbeit den (+ oder —) Nahpunkt nicht gehörig weit vom Ruhepunkt zu entfernen; kleinere Dinge, wie Druckschriften, können also nicht in die, zur scharfen Wahrnehmung erforderliche Nähe gebracht werden; die Kraft der Accommodationsmuskeln ist gemindert, die Linse derber u. s. w. Der (positive) Nahpunkt ist ungewöhnlich weit, d. h. mindestens 8 Zoll, in stärkeren Graden 20, 30 Zoll und mehr, vom Auge entfernt. Tritt diese Funktionsanomalie bei in hohem Grade Uebersichtigen, deren Nahpunkt negativ bleibt, auf, so nennt man sie auch wohl »negative Kurzsichtigkeit«.

Die Funktionsanomalie der »Fernsichtigkeit« kann auch bei mässiger »Kurzsichtigkeit« vorkommen; z. B. Fernpunkt 24, Nahpunkt 12 Zoll.

Im Auge des Nahsichtigen ist die Accommodationsmuskulatur niemals vollständig erschlafft; das Auge erleidet also einen entsprechenden Verlust an

grösseren Sehweiten, der Ruhepunkt nähert sich dem Auge auf 12 bis 6 und noch weniger Zolle, der Nahpunkt auf 4 bis 2 Zolle und darüber.

Zeigt ein Uebersichtiger diese letztere Functionsanomalie, so kann wegen der beständigen Accommodationsspannung die Uebersichtigkeit latent bleiben.

Atropin macht fernsichtig, die Calabarbohne (357) nahsichtig; ersteres wirkt lähmend, letzteres reizend auf den Tensor choroideae.

386. Maass des Accommodationsvermögens.

Die (absolute) Accommodationsbreite gibt kein Maass für das eigentliche Accommodationsvermögen, was schon daraus hervorgeht, dass das Normalauge den ganzen Raum von unendlicher Ferne bis auf einen Abstand von 200′ vom Auge beherrscht, ohne dass Accommodationsarbeit nöthig ist. Da die dioptrischen Wirkungen der Accommodation am Stärksten sich geltend machen in dem, dem Auge nächstliegenden Sehbereiche, so kann unter Umständen ein Kurzsichtiger, trotz seiner absolut sehr kleinen Accommodationsbreite, gleichwohl ein stärkeres Accommodationsvermögen besitzen als ein Normalauge mit normaler Funktionirung des Accommodationsapparates.

Da die Accommodation durch stärkere Wölbung der Vorderfläche der Krystalllinse hergestellt wird, so kann man diesem Vorgang eine Hülfslinse substituiren, die in die Krystalllinse zu verlegen ist, und die Brechkraft des Auges um ebensoviel erhöht, als die accommodative Veränderung der Krystalllinse. Diese Hülfslinse hätte also den Effect, die vom Nahpunkt ausfahrenden Strahlen wiederum auf der Netzhaut zu vereinigen, also an demselben Ort, wo, ohne Accommodationsarbeit, die vom Ruhepunkt ausfahrenden Strahlen sich schneiden. Die Brennweite einer solchen Hülfslinse drückt somit das (optische) Accommodationsvermögen aus; (die mechanische »Arbeit der Accommodationsmuskulatur« ist vorerst unmessbar). Die lichtsammelnden Kräfte (a) der Convexlinsen verhalten sich umgekehrt wie ihre Brennweiten; demnach verhalten sich dieselben bei 2 Linsen mit Brennweiten von 10 und 20 Zoll wie 20 : 10, wofür man die reciproken Werthe $\frac{1}{10}$ und $\frac{1}{20}$ setzen kann. Der dioptrische Werth der Hülfslinse (resp. der möglichen Accommodationsarbeit) wird demnach ausgedrückt durch den Unterschied der reciproken Werthe der Abstände des Nahepunktes (p) und des Ruhepunktes (r) vom Auge; man hat also $\frac{1}{a} = \frac{1}{p} - \frac{1}{r}$.

Ist in einem Normalauge $r = \infty$, $p = 4^3/_4$ Zoll (resp., den Abstand der Krystalllinse von der Hornhaut mitgerechnet, 5 Zoll), so hat man $\frac{1}{5} - \frac{1}{\infty} = \frac{1}{5}$; das normale Accommodationsvermögen ist also durch eine Linse von 5 Zoll Brennweite ausgedrückt. Für einen Kurzsichtigen mit $r = 12$, $p = 4$, ergibt sich $\frac{1}{4} - \frac{1}{12} = \frac{1}{6}$ als vergleichbares Accommodationsvermögen. Dagegen besitzt ein Kurzsichtiger mit $r = 20$ und $p = 4$, da $\frac{1}{4} - \frac{1}{20} = \frac{1}{5}$, ein normales Accommodationsvermögen.

Beim Normalsichtigen und Kurzsichtigen sind die Nah- und Ruhepunkte reell und unmittelbar bestimmbar, woraus, wie eben gezeigt, das Accommoda-

tionsvermögen in vergleichbaren Werthen abgeleitet werden kann. Beim Uebersichtigen ist der Ruhepunkt nicht direkt bestimmbar, ja in den höheren Graden von Uebersichtigkeit nicht einmal der Nahepunkt, welcher ebenfalls negativ bleibt. Diese Werthe können aber, und zwar für beide Abweichungen vom Normalbau, ermittelt werden, wenn man das übersichtige resp. kurzsichtige Auge mit der zum Sehen in die Ferne passenden Brille (s. 374) bewaffnet und dadurch den Ruhepunkt auf denselben Abstand bringt, wie im Normalauge. I) Der relative Nahepunkt wird nunmehr mit Hülfe der Brille bestimmt und daraus das Accommodationsvermögen abgeleitet.

Für einen Kurzsichtigen mit 4, und einen Uebersichtigen mit 12 Zoll absoluten Nahpunkten, seien $-\frac{1}{12}$ und $+\frac{1}{24}$ nöthig, um in die Ferne zu sehen. Die mit Hülfe dieser Gläser bestimmten relativen Nahpunkte seien 6, resp. 8 Zoll. Also ist das vergleichbare Accommodationsvermögen Beider $\frac{1}{6}$ und $\frac{1}{8}$.

II) Die zu obigem Zweck erforderlichen Brillennummern drücken aber nicht bloss die Brennweite der Gläser aus, welche den positiven oder (in Uebersichtigen) negativen Ruhepunkt nach ∞ verlegen, sondern sie geben auch den Abstand des $+$ oder $-$ Ruhepunktes vom Auge selbst an.

In obigen Beispielen hat man für den absoluten Nahepunkt in Kurzsichtigen $\frac{1}{6} + \frac{1}{12} = \frac{1}{4}$ und für den Uebersichtigen $\frac{1}{8} - \frac{1}{24} = +\frac{1}{12}$, d. h. der Nahpunkt dieses Uebersichtigen liegt 12 Zoll vor dem Auge.

Ist zum Sehen in die Ferne Glas $\frac{1}{20}$ nöthig, so liegt der Ruhepunkt 20 Zoll hinter dem Auge. Ist zu gleichem Zweck bei einem anderen Uebersichtigen Glas $\frac{1}{10}$ erforderlich und der mittelst dieses Glases bestimmte relative Nahpunkt 20 Zoll, so hat man $\frac{1}{20} - \frac{1}{10} = -\frac{1}{20}$, d. h. der Nahpunkt liegt 20 Zoll hinter dem Auge. Ist die Differenz beider Brüche $= 0 = \frac{1}{\infty}$, so liegt der »Nahpunkt« in unendlicher Ferne.

387. Optometer.

Sie dienen zur Bestimmung des Nah- und Ruhepunktes, sowie der mittleren Sehweite. Die einfachsten bestehen in irgend einem schmalen Object, z. B. einer Nadel, oder einem Gitter feiner Drähte, welches längs eines graduirten Stabes verschoben werden kann (Gräfe), oder, als weniger brauchbar, in einem langen schwarzen Lineal, auf dem ein weisser Faden aufgespannt ist (Lehot). Innerhalb der Sehweite erscheint das betreffende Object deutlich, aber zunehmend weniger scharf contourirt diesseits des Nah- und jenseits des Fernpunktes, welche Punkte mittelst dieses Verfahrens genau bestimmbar sind.

Andere Optometer beruhen, nach Porterfield's Vorgang, auf dem Scheiner'schen Versuche (372). Das Stampfer'sche besteht in seiner

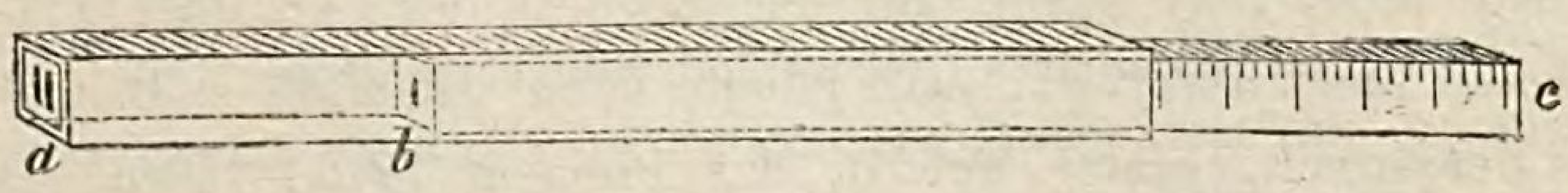


Fig. 98.

einfachsten Form aus 2 in einander verschiebbaren Röhren von über 1 Fuss Länge. Die äussere Röhre ist an dem einen Ende, *a* Fig. 98, mit einer dünnen

Metallplatte verschlossen, in der zwei feine parallele Spalten nahe bei einander angebracht sind. Eine mit nur einer Spalte versehene Metallplatte verdeckt das vordere Ende *b* der innern Röhre. Das hintere Ende *c* der letzteren ist mit einem Milchglas bedeckt. Blickt man durch die Spalten *a*, so erscheint bei einem bestimmten Abstand von *a* und *b* die Spalte *b* einfach d. h. sie steht vom Auge ab um die Weite des deutlichen Sehens; dagegen sieht man die Spalte *b* doppelt, wenn die innere Röhre stark eingeschoben oder ausgezogen wird, d. h. diesseits des Nah- und jenseits des Fernpunktes. Diese Werthe werden an einer, längs einer Seite der innern Röhre angebrachten, Scala unmittelbar abgelesen. Durch die engen Löcher und Spalten beim Scheiner'schen Versuch ist aber eine richtige Accommodation für den Nah- und Ruhepunkt Vielen unmöglich (Volkmann), dagegen scheint eine Accommodation ungefähr für die »mittlere Sehweite« häufig bei diesem Apparat vorhanden zu sein, welcher somit weniger brauchbar ist, als die oben erwähnten einfachen Vorrichtungen.

Das Stampfer'sche Optometer erhält in der Regel, um kürzere Röhren anwenden zu können, eine Convexlinse von etwa 5 Zoll Brennweite unmittelbar hinter den 2 Spalten der äusseren Röhre, sowie auch ein Getriebe, welches das Verschieben der inneren Röhre leicht gestattet. Die Stelle *b* (Fig. 98), bis zu welcher die innere Röhre für ein normales Auge ausgezogen werden muss, bis Spalt *b* einfach und scharf gesehen wird, ist durch eine Marke bezeichnet. Will der Nahsichtige den Spalt einfach erblicken, so muss er die innere Röhre um so stärker einschieben, je nahsichtiger er ist, während für den Fernsichtigen ein weiteres Ausziehen als für das Normalauge nöthig ist. Für jede der betreffenden Auszugsweiten ist die entsprechende Nummer der erforderlichen Concav- resp. Convexbrille auf der Scala aufgetragen. Ist das Auge mit seiner passenden Brille versehen, so muss die Auszugsweite die normale sein, um Spalt *b* einfach zu sehen.

Die Optometer dienen auch zur Wahl richtiger Brillen. In stärkeren Graden dioptrischer Anomalien sucht man bloss eine, der normalen annähernd genäherte »mittlere Sehweite« zu gewinnen, also eine Einstellung auf 8—10 Zolle. Die passende Brille wird erhalten, indem man die normale mittlere Sehweite multiplicirt mit der mittleren Sehweite des Individuums z. B. 4 Zoll und das Produkt durch den Unterschied beider Grössen dividirt. Man hat also $\frac{10 \cdot 4}{6}$ = etwa Nummer $6\frac{1}{2}$ der Concavgläser. Bei der Auswahl der Convexbrillen gilt dieselbe Regel.

Anhang.

388. Aufgabe des Augenspiegels.

Der Augengrund erscheint schwarz, selbst beim stärksten Sonnenlicht. Die Ursache liegt nicht etwa darin, dass das Pigment der Choroidea alles in das Auge fallende Licht absorbirt; man müsste dann jedenfalls z. B. die Eintrittsstelle des Sehnerven, hinter welcher das Pigment fehlt, sehen. Das meiste Licht wird allerdings absorbirt im Augengrund, ein Theil aber wird reflectirt; das reflectirte jedoch geht zurück zur Leuchtquelle. Da nun unser Augengrund keine Lichtquelle ist, so sendet er auch keine Strahlen in das beobachtete Auge,

sondern alles aus letzterem reflectirte Licht geht an unserer Pupille vorbei und die Pupille des Beobachteten erscheint uns schwarz.

Wird der Leuchtpunkt l, Fig. 99, von A genau gesehen, vereinigen sich also alle von l in A dringende Strahlen auf der Netzhaut, so geht das aus A

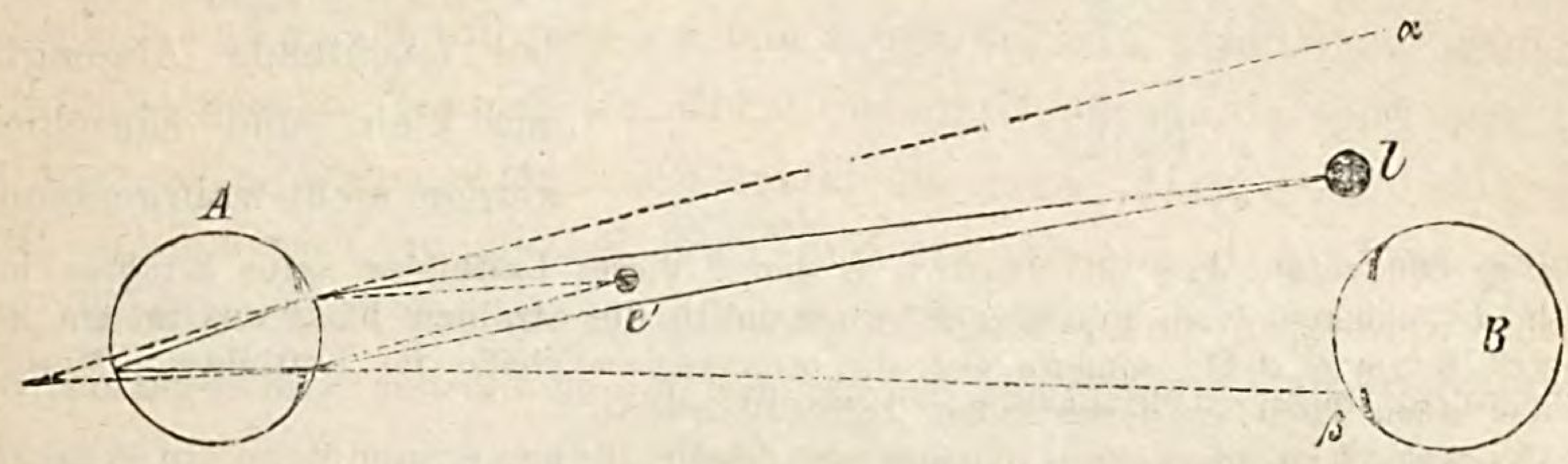


Fig. 99.

reflectirte Licht nach l zurück und dem Beobachter B erscheint der Augengrund A schwarz. Rückt aber der Leuchtpunkt nach e', während A noch für l accommodirt ist, so wird die Netzhaut A von einem Zerstreuungskreis beleuchtet und die Strahlen werden aus A divergirend reflectirt (Randstrahlen α und β der Figur); das Auge B kann einen Theil dieser Strahlen auffangen und somit den Augengrund von A leuchtend sehen. Der Beobachter erblickt also das beobachtete Auge leuchtend, wenn letzteres für den Leuchtkörper nicht richtig accommodirt ist. Diese Bedingungen herzustellen ist Aufgabe des von Helmholtz erfundenen Augenspiegels. Mittelst desselben beleuchtet man den Augengrund und fängt einen Theil der aus letzterem reflectirten Strahlen auf; man erblickt nicht nur den Augengrund roth leuchtend, sondern auch die grösseren Netzhautgefässe, die scheinbar gefässlose Macula lutea, die weisslich glänzende Eintrittstelle des Sehnerven u. s. w.

Den Augen der Albinos fehlt das Iris- und Choroidealpigment; desshalb dringt etwas Licht durch deren Sclerotica, ein Theil desselben wird durch die Pupille nach aussen reflectirt, wesshalb diese roth erscheint. Im Augengrund mancher Thiere (z. B. Katzen) befindet sich eine schillernde Membran (sog. Tapetum), dieselbe hat ein grosses Reflexionsvermögen für Licht und die Pupillen solcher Thiere erscheinen uns leuchtend, besonders in der Dämmerung; bei gänzlichem Lichtmangel leuchten sie nicht.

389. Umgekehrtes reelles Netzhautbild.

Jeder von aussen scharf beleuchtete Retinalpunkt reflectirt nach Obigem einen Lichtbüschel durch die Pupille nach Aussen, dessen Strahlen sich wieder schneiden an einem bestimmten Ort, d. h. ein reelles extraoculares Bild entwerfen. Letzteres fällt, bei unserer Voraussetzung des deutlichen Sehens, nach Ort und Grösse zusammen mit dem äussern Leuchtkörper selbst; es ist daher, im Vergleich zu dem Retinalbildchen, umgekehrt und vergrössert. Denken wir uns das die Retina beleuchtende Licht weg und nehmen wir an, die Retinalstelle a' b', Fig. 100, selbst sei die ursprüngliche Lichtquelle; so wird dasselbe ein extraoculares Luftbild entwerfen, und zwar in einem der Sehweite des Auges A entsprechenden Abstand. Dieses Bild könnte der Beobachter

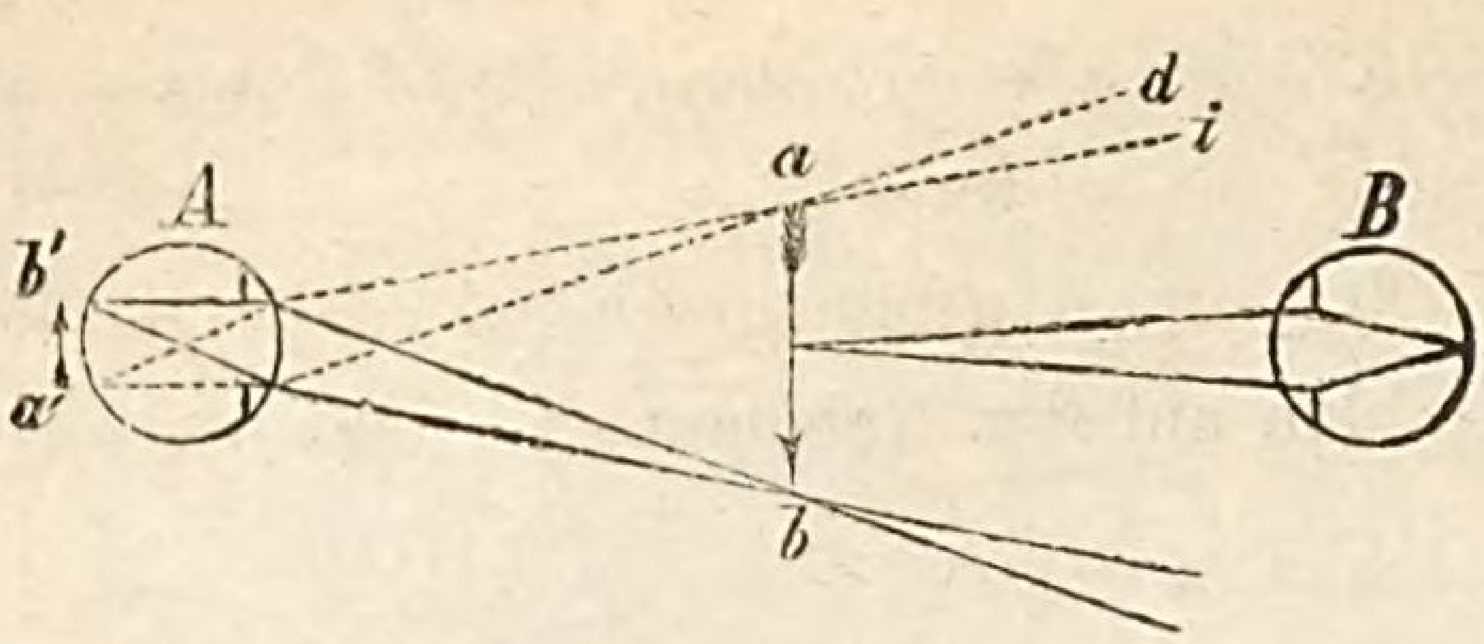


Fig. 100.

B sehen, wenn letzterer es in seine Sehweite bringt; da jedoch beide Augen von einander um ihre beiden Sehweiten abstehen, so erscheint der leuchtende Augengrund nur klein und Einzelheiten werden nicht wahrgenommen.

Fig. 100 zeigt, dass die Enden *a* und *b* dieses Luftbildes keine Strahlen in die Pupille *B* schicken (vom Punkt *a* fahren nämlich die Strahlen bloss aus in den kegelförmigen Raum *d a i*), sondern nur die mittleren Theile des Luftbildes. Man sieht also nur einen Theil des leuchtenden Retinalbezirkes.

Um das extraoculare Bild objectiv zu zeigen, bringt Giraud-Teulon das Auge eines Albinokaninchens in ein entsprechend grosses Loch eines undurchsichtigen Schirmes und beleuchtet das Auge von hinten mittelst einer Lampe. Von der Sclerotica der Hinterwand wird ein Stückchen von distinkter Form ausgeschnitten; man sieht dann auf einer der Hornhaut gegenüber gestellten weissen Wand ein verkehrtes, sehr vergrössertes Bild von der Form der Scleroticalücke.

Der Abstand des Extraocularbildes vom beobachteten Auge, *A* Fig. 100, hängt also ab von der mittleren Sehweite, sowie dem jeweiligen Accommoda-

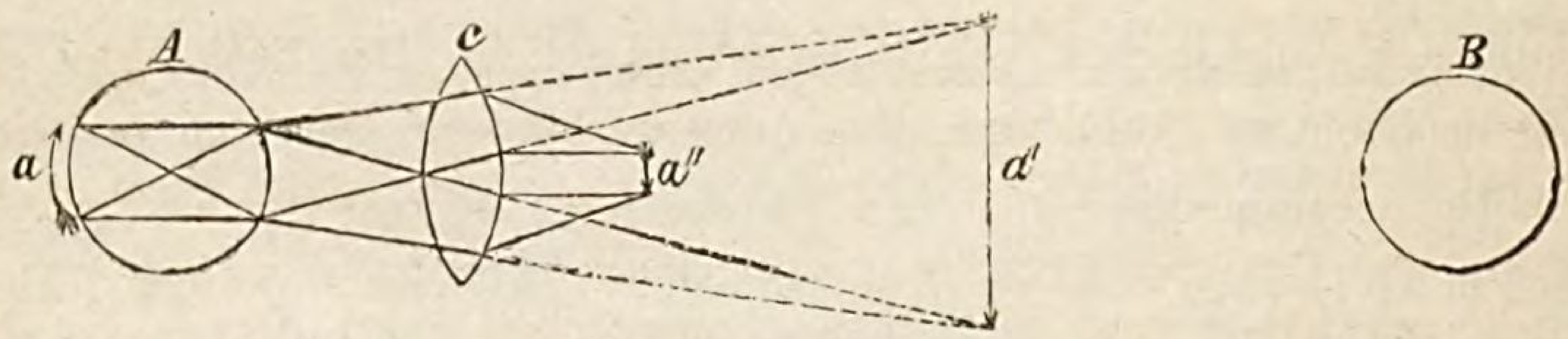


Fig. 101.

tionszustand des beobachteten Auges. Setzt man aber mit Ruete, vor *A* eine Convexlinse *c* (Fig. 101) von kurzer (1 bis 3 Zoll) Brennweite, so müssen die aus *A* convergirend austretenden Strahlen nach ihrer Brechung durch die Linse noch stärker convergiren und zwar gegen Punkte zwischen der Linse und deren Focus. Das Extraocularbild *a'* wird somit nach *a''* verlegt; *a''* ist kleiner aber lichtstark, und was die Hauptsache ist, es zeigt einen constanten Abstand vom Auge *A*; es ist, dem Gesagten zufolge, ungefähr in der Brennweite der Linse *c* zu suchen. Im Vergleich zum Retinalbild ist es wiederum verkehrt. Der Beobachter *B* sieht dieses Bild *a''* in der für ihn passenden Sehweite *a'' B* deutlich; zweckmässig tritt er aber näher heran und vergrössert das Bild mittelst einer Loupe.

390. Aufrechtes virtuelles Netzhautbild.

Die Herstellung desselben beruht auf folgendem Princip. Das extraoculare Bild der beobachteten Netzhaut *A* (s. die, übrigens nur als Schema richtige Figur 102) falle (s. vorigen §) nach *a b'*. Bringt man nun die Concavlinse *C* so an, dass deren Hauptbrennpunkt in *f*, also diesseits *a b'* liegt, sodass die aus *A* ausfahrenden Strahlen gegen Punkte convergiren, die jenseits *f* liegen, so

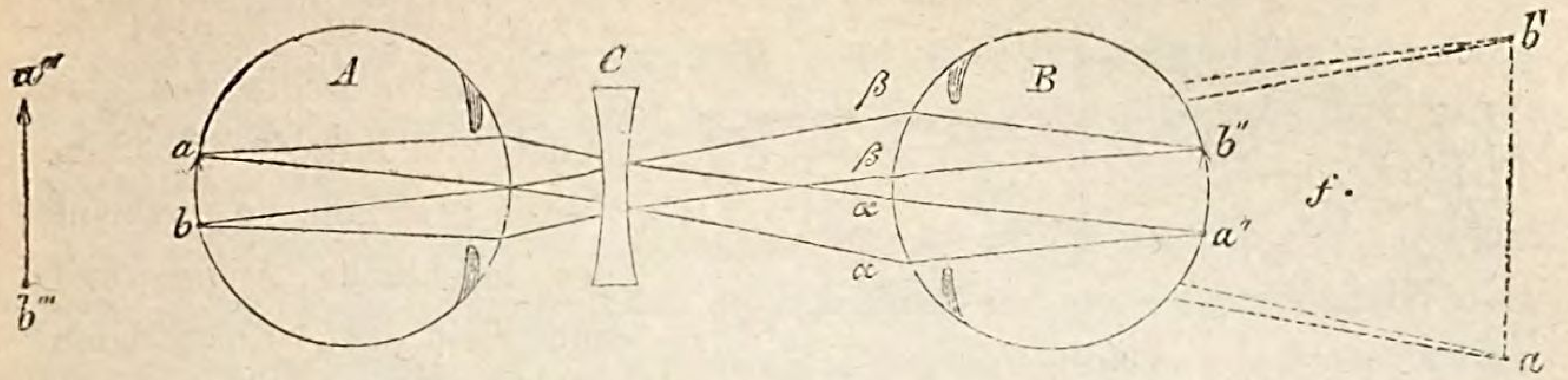


Fig. 102.

müssen dieselben nach der Brechung durch *C* divergiren (§. 365 III. c). Diese divergirenden Strahlen (*α α* und *β β*) können auf der Netzhaut des Beobachters *B* vereinigt werden und das Bild *b''* *a''* erzeugen, wenn sie so divergent gemacht worden sind, als ob sie herkämen von Objectpunkten *a'''* und *b'''*, die in der Sehweite des Auges *B* liegen. In *a'''* *b'''* liegt somit das virtuelle aufrechte Retinalblatt von *A*; die scheinbar von *a'''* ausfahrenden Strahlen vereinigen sich in *a''* des Beobachters u. s. w.

Das Auge ist bei dieser Anordnung gewissermaassen in ein Galilei'sches Fernrohr verwandelt, dessen Objectivglas von den brechenden Medien des Auges; dessen Ocularglas durch die Concavlinse gebildet wird. Wie man das Fernrohr durch Ein- und Ausziehen des Ocular's den kurzsichtigen und fernsichtigen Augen anpassen kann, so ist auch die Linse *C* durch Hin- und Herschieben dem Accommodationsvermögen der verschiedenen Augen gemäss zu stellen.

Man erblickt bei dieser Methode, die ein nahes Herantreten an das beobachtete Auge gestattet, zwar nur einen kleinen Theil der Retina, aber in bedeutender Vergrösserung; die Methode dient also besonders, um das Detail im Augengrunde zu erkennen, während das Verfahren des vorigen § einen Ueberblick über einen grösseren Retinalbezirk verschafft.

391. Beeluchtung der Netzhaut.

Beide vorhergehende §§ zeigen, wie die leuchtende Retina (gleichgültig wie ihre Beleuchtung zu Stand kam) im umgekehrten und im aufrechten Bild beobachtet wird, d. h. wie von der beobachteten Netzhaut aus Licht auf die Netzhaut des Beobachters gelenkt werden kann; es bleibt also noch die Schilderung wenigstens einer der künstlichen Erleuchtungsmethoden der Netzhaut, z. B. der Rüte'schen, übrig. Dabei kommt es nach § 389, im Wesentlichen darauf an, dass das beobachtete Auge durch eine vorgehaltene Convex- oder Concavlinse in einen unrichtigen Accommodationszustand dem Leuchtkörper gegenüber versetzt wird.

In einem sonst dunkelen Zimmer steht ein helles Lampenlicht *l*, Fig. 103, neben dem beobachteten Auge *A*. Dasselbe beleuchtet den gegenüberstehenden Concavspiegel *S S*, der als hellleuchtende Fläche erscheint. Ungefähr im Brennpunkt des Spiegels (z. B. in einem Abstand von 10 Zollen) befindet sich eine Convexlinse *C* (z. B. von $1^1/_2$ Zoll Brennweite); dieselbe macht das Auge

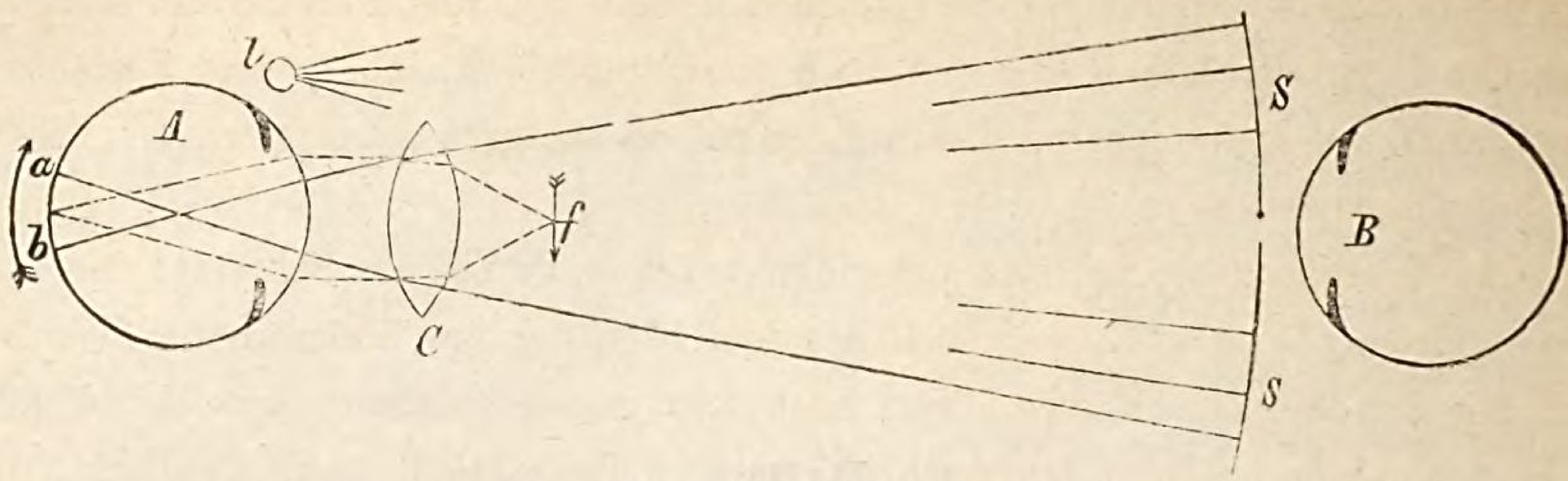


Fig. 103.

A künstlich kurzsichtig und bewirkt, dass letzteres bloss Dinge genau sehen kann, die ungefähr 1½ Zoll hinter der Linse abstehen, wogegen entferntere Gegenstände Zerstreuungskreise auf der Netzhaut entwerfen. Das Auge *A* empfängt daher kein deutliches Bild der Flamme, resp. des Spiegels, sondern es erblickt eine dem Zerstreuungskreis *a—b* entsprechende lichte Scheibe. Es kann sich für keinen bestimmten Abstand accommodiren und verharrt im Zustand der Accommodationsruhe, d. h. es ist (Normalsichtigkeit vorausgesetzt) für die Ferne, also für parallele Strahlen eingerichtet. Desshalb müssen umgekehrt die von einem Netzhautpunkt reflectirten Strahlen parallel aus dem Auge treten und im Brennpunkt *f* der Linse *c* zur Vereinigung kommen, woselbst sie das 389 betrachtete umgekehrte reelle Netzhautbild entwerfen. Letzteres wird von dem hinter dem Spiegel befindlichen beobachtenden Auge *B* durch die kleine Oeffnung betrachtet, die in der Mitte des Spiegels angebracht ist.

Wählt man statt der convexen eine concave Linse (389), so wird *A* künstlich fernsichtig gemacht; der Spiegel als naher Leuchtkörper entwirft wiederum kein deutliches Bild auf der Netzhaut, sondern beleuchtet diese im Zerstreuungskreis. Das Auge ist ebenfalls ohne bestimmte Einrichtung, also im Zustand der Accommodationsruhe; die von einem auf diese Art erhellten Netzhautpunkt reflectirten, also parallel austretenden, Strahlen werden von der Concavlinse so gebrochen, als ob sie aus deren hinterem, nach der Seite von *A* liegenden Hauptbrennpunkt kämen und der Augengrund von *A* erscheint somit dem Beobachter *B* im aufrechten virtuellen Bild.

C. Räumliches Sehen.

392. Sehfeld.

Beim Sehen vergessen wir unsern eigenen Empfindungszustand so vollständig, dass wir alle Reizungen der Retina in den äussern Raum verlegen und zwar sowohl die Netzhautbildchen äusserer Dinge, als selbst die durch Druck, Störungen im Blutlauf, Elektricität u. s. w. hervorgerufenen Erregungen der Netzhaut und der Nervencentren des Gesichtssinnes. Auch diese letzteren setzen wir in das Sehfeld und zwar mit bestimmten Gestalten und Farben. Die Formen

der Gegenstände beurtheilen wir (indirect, s. 395) aus den Formen der entsprechenden Retinalbilder; jedoch erst nach einer gehörigen Uebung und Erziehung des Sinnes, wie auch einzelne Erfahrnngen an, im späteren Alter operirten, Blindgeborenen beweisen.

Bei Weitem am schärfsten erkennen wir den Punkt des Sehfelds, den wir eben fixiren. Doch auch der Theil des Sehfeldes, der nur einen kleinen Winkel mit der Sehlinie einschliesst, wird noch sehr genau gesehen; wir überblicken z. B. von einer mittlern Druckschrift etwa 6 Buchstaben ganz deutlich; die nächste obere oder untere Zeile erscheint schon ungenau. Jenem deutlichsten Sehraum entspricht ein Retinabezirk von etwa $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ Linie Durchmesser, also die Mitte des gelben Fleckes, der in seinem wagrechten Durchmesser etwas über 1 Linie ($2^1/_4$ M. m.) misst. Das Uebrige wird, je mehr es seitwärts vom fixirten Punkt absteht, zunehmend undeutlicher; Dinge, welche einen Winkel von 50—60 Graden mit der Sehaxe bilden, erkennen wir nur in ihren gröberen Umrissen; kleinere und lichtschwächere Gegenstände selbst gar nicht mehr. Die objectiven Netzhautbildchen sind etwas weniger scharf, doch wird die Undeutlichkeit der seitlichen Parthien des Sehfeldes vorzugsweise durch die Abnahme der Empfindlichkeit der seitlichen Retinabezirke verursacht. Die Feinheit der Empfindung nimmt übrigens nicht ab in concentrischen Kreisen um die Sehlinie, sondern schneller nach oben und unten, als in horizontaler Richtung (Aubert).

Volkmann und Aubert bestimmten die Durchmesser der kleinsten Bildchen, welche von den einzelnen Bezirken der Netzhaut überhaupt noch wahrgenommen werden können. 60 ^{0} nach aussen von der Sehlinie müssen nach Ersterem die Retinabilder einen etwa 150mal grösseren Durchmesser haben, als in der Mitte des gelben Fleckes.

Die Beschränkung des deutlichsten Sehens auf den von uns jeweils betrachteten Punkt ist ein Vortheil für das Sehen; denn 1) die Richtung der Aufmerksamkeit auf ein bestimmtes Object wird dadurch begünstigt, (weil wir nicht im Stande sind, mehrere Sinneseindrücke gleichzeitig geistig zu verarbeiten). 2) Wir lernen dadurch das Auge so stellen, dass der bevorzugte gelbe Fleck dem zu betrachtenden Gegenstand gegenüber in die richtige Lage kommt; wir erreichen damit den Vortheil, dass wir uns der Richtung der Sehlinie, überhaupt der jeweiligen Stellung der Augen, der Aussenwelt gegenüber, auf das Genaueste bewusst werden. Ohne dieses wäre (s. 395) die Erkennung der Richtung der Gesichtsobjecte unmöglich. 3) Wir lernen nur dadurch beide Augen so zu stellen, dass ihre verlängerten Sehaxen sich in dem zu betrachtenden Objectpunkt schneiden. Diess ist unerlässlich für das Einfachsehen mit beiden Augen (s. 413 u. folg.).

393. Blinde Stelle der Netzhaut.

Betrachtet man mit dem rechten Auge (bei geschlossenem linken) das Kreuz oder den darüberstehenden Punkt Fig. 104, so verschwindet, bei einem ge-

wissen Abstand der Papierfläche vom Auge, der Kreis vollständig, während das weiter seitwärts gelegene Viereck deutlich gesehen wird (Mariotte). Ueberhaupt verschwindet Alles, was 13—18 Grade von der Sehlinie in wagrechter Richtung nach Aussen liegt, also etwa 5 Grade des Sehfeldes, so dass z. B.



Fig. 104.

der Vollmond im monocularen Sehfeld leicht zum Ausfallen gebracht werden kann. Das Netzhautbild dieser Objecte fällt, wie schon D. Bernoulli zeigte, auf die Eintrittsstelle des Sehnerven; an dieser sind aber bloss Sehnervenfasern vorhanden, während die übrigen Bestandtheile der Netzhaut, Zapfen, Stäbchen u. s. w. fehlen; also sind die Sehnervenfasern in ihrem Verlauf blind für objectives Licht.

Das Bild des Kreuzes fällt auf den gelben Fleck; die Grösse der blinden Stelle und deren Abstand vom gelben Fleck wird gefunden nach den Regeln der Berechnung der Grössen der Netzhautbildchen. Die Versuche ergeben einen Durchmesser der blinden Stelle von etwa $1\frac{1}{2}$ Millim., (also etwa 1 M. m. weniger als die direkte anatomische Abmessung) und einen Abstand der Mitte dieser Stelle von der Mitte des gelben Fleckes (in der Richtung nach einwärts) um etwa 3,5 Millim.; die blinde Stelle muss somit der Eintrittsstelle des Sehnerven entsprechen.

394. Ausfüllung der blinden Netzhautstelle.

Die blinde Stelle der Netzhaut veranlasst keine Störungen für das Sehen. Die Erfahrung belehrt uns allmälig (indirect) über die Lage der einzelnen Netzhautstellen, sodass jeder empfindenden Stelle der Netzhaut bei jeder Augenstellung ein bestimmter Sehfeldbezirk entspricht. Desshalb können auch die Empfindungen, welche wir zweien Punkten der Retina verdanken, die an den einander gegenüber liegenden Grenzen des blinden Fleckes liegen, nicht auf zwei unmittelbar neben einander befindliche Sehfeldspunkte bezogen werden, da wir gewohnt und gezwungen sind, die räumlichen Beziehungen dieser Punkte zu den übrigen Punkten der Netzhaut festzuhalten (D. Bernoulli). Desshalb zeigen z. B. gleichlaufende Streifen einer Tapete auch keine Knickungen an ihrer dem blinden Fleck entsprechenden Stelle. Ebensowenig entsteht aber eine, der Grösse des blinden Flecks entsprechende Lücke im Sehfeld. Wir füllen nämlich mittelst der Empfindungen, die von den benachbarten Netzhauttheilen kommen, die Lücke aus, und zwar so, dass wir in der Regel den Zusammenhang der Gegenstände, deren Retinalbilder in den blinden Fleck hereinragen, so »sehen«, wie es am Einfachsten und Wahrscheinlichsten ist und unserm Wissen von den Gestalten der Dinge entspricht (E. H. Weber, Volkmann).

Fällt z. B. das eine Ende einer Linie auf den Fleck, so ist sie entsprechend kürzer; zeichnen wir eine gerade oder eine Kreislinie mit einer (dem Fleck entsprechenden) Lücke, so erscheinen sie gleichwohl ununterbrochen u. s. w. Die Versuche setzen Schlies-

sung des einen Auges voraus, weil ein Object, dessen Retinalbild im linken Aug auf den blinden Fleck fällt, im rechten eine empfindende Retinastelle afficirt.

395. Richtung der Gesichtsobjecte.

Alle durch Netzhauterregungen hervorgerufenen Empfindungen werden von uns in den äussern Raum versetzt; die Richtung eines fixirten Punktes verlegen wir in die verlängerte Sehlinie, die Richtungen aller übrigen, indirekt gesehenen Punkte in ihre Richtungslinien. Von der Lage aller dieser Linien sind wir aber genau unterrichtet, insofern wir ein deutliches Gefühl unserer jeweiligen Augenstellung haben. Dasselbe geht grossentheils hervor aus den Gemeingefühlen der Bulbusmuskeln. Wir beziehen also jeden Netzhauteindruck auf eine bestimmte Stelle des Raumes, neben den andern Dingen der Aussenwelt. Am schärfsten beurtheilen wir die 2 ersten Dimensionen, weniger die dritte: die Tiefe, von der hier vorerst abgesehen wird.

Die erwähnte Beihülfe des Muskelgefühls, obschon von fundamentaler Wichtigkeit, wird dann und wann in Abrede gestellt. Schliesst man die Augen und bewegt sie so, dass sie eingestellt sein sollen auf einen bestimmten Sehfeldpunkt, so fällt letzterer im Augenblick des plötzlichen Oeffnens der Augen in den Bereich des deutlichsten Sehens. Hält man gar einen Finger in beliebiger Richtung vor das Auge, sodass man durch das Muskelgefühl aufs Genaueste über die Lage der Fingerspitze unterrichtet ist und öffnet man nunmehr die Augen bloss einen Augenblick, so erkennt man auf die Fingerspitze befestigte, vorher unbekannte Buchstaben z. B., zum Beweis dass die Einstellung der Augen eine ganz scharfe war. Aehnliches leisten die bei geschlossenen Augen vollführten Kopf- oder Körperdrehungen. Dass das Hinzutreten der Fixation der Objecte das Urtheil über unsere Augenstellung noch mehr verschärft, versteht sich von selbst.

Die Netzhaut ist eine Fläche, welche dem Raumsinn dient; Reizungen zweier verschiedener Netzhautpunkte durch zwei sonst vollkommen gleiche Reize verschaffen zwei räumlich von einander getrennte, im Uebrigen aber gleiche Empfindungen. Durch auf die sinnlichen Empfindungen gestützte vielfachste Erfahrungen sind wir zur Anschauung und zum Begriff der Aussenwelt und des Raumes gekommen; der Sehsinn hat uns speciell belehrt, dass wir, um z. B. etwas über uns zu sehen, die Augen oder den Kopf entsprechend bewegen müssen. Wir kennen, wie gesagt, und zwar in jedweder Lage des Körpers, unsere Augenstellung, d. h. die Richtungen der Sehlinien, und bestimmen dadurch die Richtung des Gesehenen. Diese Wahrnehmung ist somit keine »reine Empfindung«, sondern ein Urtheilsact; unerlässlich sind bloss Bilder der Dinge der Aussenwelt, so angeordnet auf der Retina, dass die relativen Lagen der Objectpunkte sich wiederholen in den relativen Lagen der Retinalbildpunkte. Die absolute Lage des Netzhautbildchens ist dabei ganz gleichgiltig, eben weil die Seele weder dieses Bildchen, noch etwas Analoges derart, im Centraltheil des nervösen Sehapparates, »anschaut«. Darum ist auch die ehedem vielfach behandelte Frage ungereimt: warum sehen wir aufrecht, trotz der Umkehr der Retinalbildchen. Wir »sehen« das Bildchen nicht; es könnte quer gelagert sein, und doch würden wir, im Bewusstsein unserer

Augenstellung zur Aussenwelt, auch das so gelagerte Retinalbildchen immer noch richtig interpretiren lernen.

396. Richtungstäuschungen.

Jede falsche Beurtheilung unserer Augen-, überhaupt Körper-Stellung bringt uns, nach vorigem §, in falsche Beziehungen zu den Gesichtsobjecten und veranlasst eine fehlerhafte Auffassung ihrer Richtungen. Verschiebt man mittelst des Fingers ein Auge (während das andere geschlossen ist), so wird das Gefühl der Augenstellung gefälscht; das abgelenkte Auge kommt uns noch in der Lage vor, welche der bestehenden Muskelcontraktion entspricht und wir erblicken die Gegenstände verschoben. — Betrachtet man, mit einem oder beiden Augen, in einem sonst dunkelen Raume eine senkrechte helle Linie und neigt dann den Kopf auf die Schulter, so erscheint die Linie gedreht und zwar in einer, der Kopfdrehung entgegengesetzten Richtung. Die stärkste Ablenkung (nämlich über 45^{0}) erleidet scheinbar die Linie bei einer Kopfdrehung um 135^{0}; wird der Kopf gerade nach unten gerichtet, so erscheint die Linie wieder senkrecht (Aubert). Die Täuschung verschwindet, wenn noch andere Dinge zur Orientirung geboten werden. Der Versuch gelingt auch im Tageslicht, wenn die zu betrachtende Linie auf einem breiten, durchaus gleichmässigen Hintergrunde steht.

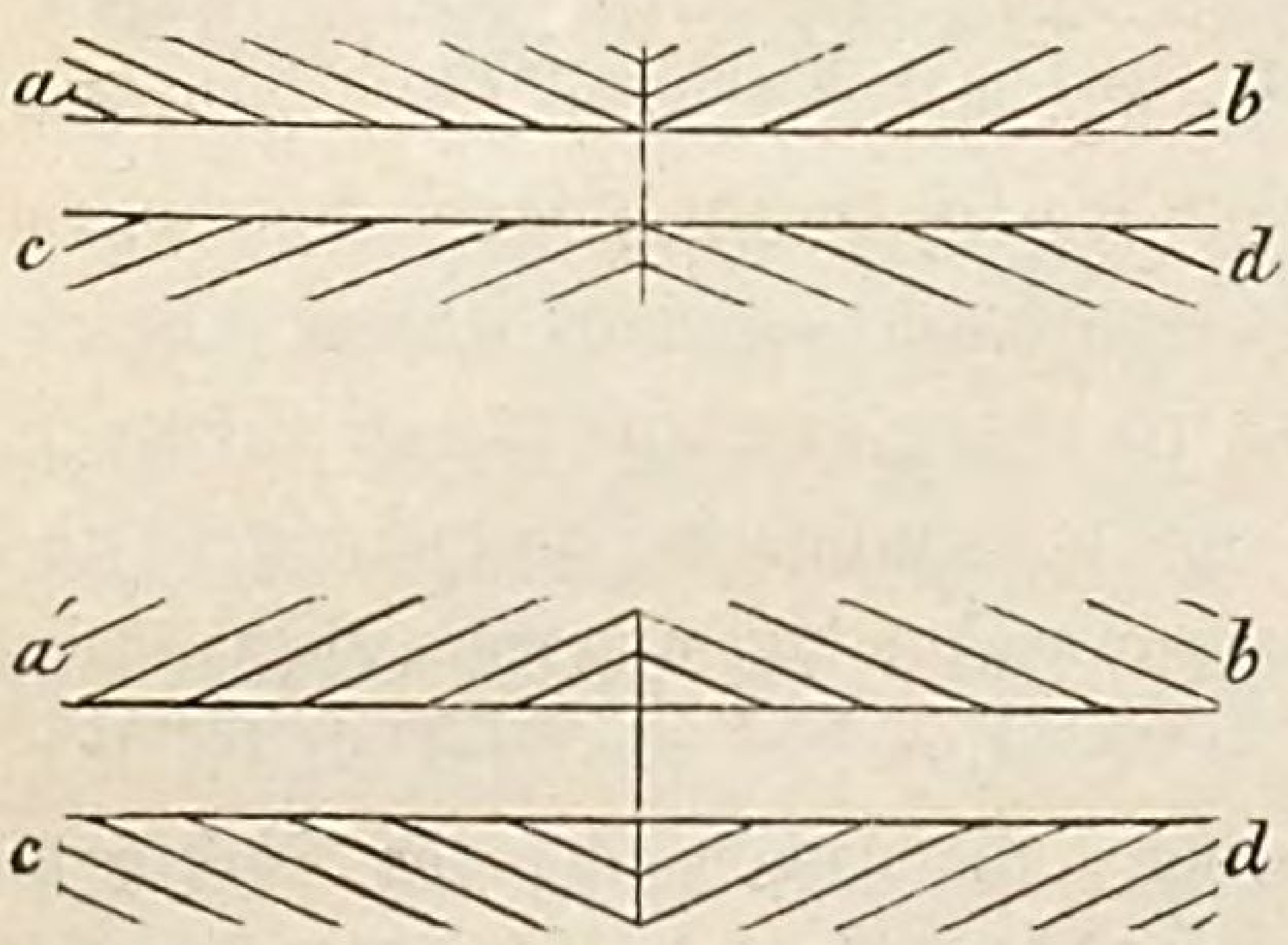


Fig. 105.

Wir beurtheilen die gegenseitige Lage von Linien falsch, wenn andere dominirende Linien hinzukommen. Hieher gehörten die beistehenden von Zöllner beschriebenen, ebenen Truggestalten, wobei die Linien *ab* und *cd*, obschon sie unter sich genau parallel sind, in Folge des Hinzukommens der schräg auffallenden Seitenstriche gegen die Mitte zu divergiren resp. convergiren. Zur Erklärung kann nur angedeutet werden, dass die schiefen Hülfslinien nach Volkmann dunkele Vorstellungen geneigter Projectionsflächen hervorrufen, in deren Folge die Hauptlinien die scheinbare Neigung erhalten.

397. Grössenwahrnehmungen.

I. Relative Grösse. Betrachten wir zwei Objecte von verschiedener Grösse, so beruht unser Urtheil, welches das grössere sei, (den einfachsten Fall gleicher Objectabstände vom Auge vorausgesetzt) entweder 1) auf der Grösse der Netzhautbilder (resp. Sehwinkel), oder 2) auf dem Umfang der Augenbewegungen, die nöthig sind, um die Objecte von einem Ende zum anderen mit dem Blick zu durchmessen. Bei starken Grössenunterschieden haben wir deutlich das Gefühl von Multipla der betreffenden Wahrnehmungen; auch können wir zwei nach einander betrachtete Linien von nur wenig verschiedener Länge selbst nach einem gewissen Zeitintervall noch unterscheiden

(E. H. Weber), z. B. Differenzen von $\frac{1}{40}$ nach 3, von $\frac{1}{11}$ noch nach 70 Sekunden.

Betrachtet man eine durch den Abstand zweier Zirkelspitzen gegebene Raumgrösse und sucht man sogleich an einem anderen Zirkel dieselbe Raumgrösse herzustellen, so beträgt nach Fechner und Volkmann der durchschnittliche Fehler (je nach der Versuchsperson) $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{60}$. Diese Fähigkeit hat übrigens eine obere und untere Grenze; Volkmann bestimmte die letztere und fand, dass die kleinsten noch erkennbaren Unterschiede bei Abständen der Zirkelspitzen von etwa 5 M. m. an abwärts zunehmend grösser werden ($\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{11}$).

II. Absolute Grösse. Das Sehfeld hat für unsere Vorstellung keine bestimmte Grösse. Unser Urtheil über die wahre Grösse der Gegenstände beruht demnach auf der Grösse des Netzhautbildchens und der Schätzung der Entfernung (399), also auf der Vergleichung des Sehwinkels mit der Entfernung (s. auch 401).

Die Winkelgrösse des Sehfeldes bleibt übrigens nicht gleich, wie gewöhnlich angenommen wird. Das dunkele Schattenfeld bei geschlossenen Augen nimmt im Horizontaldurchmesser deutlich ab, wenn die Augen stark convergiren.

398. Sehschärfe.

Objecte von einer gewissen Kleinheit an sehen wir nicht mehr. Die betreffenden Angaben schwanken aber bedeutend, da viele Nebenumstände (Beleuchtung, Farbe, Hintergrund, individuelle Einflüsse u. s. w.) maassgebend sind. Unter mittleren Verhältnissen werden runde Körperchen von $\frac{1}{40}$ bis fast $\frac{1}{100}$ Linie noch erkannt; Körper, die im Vergleich zu ihrer Dicke sehr lang sind, z. B. feinste Drähte, bieten viel günstigere Verhältnisse. Der kleinste Sehwinkel, unter dem rundliche Körperchen noch erkannt werden, beträgt etwa 30—20 Sekunden; für fadenförmige Objecte sinkt der Werth auf 3, für glänzende Drähte selbst auf $\frac{1}{5}$ Sekunde und noch weniger.

Sehr verbreitet ist die Ansicht, dass 2 helle Punkte nicht mehr als doppelt erkannt werden, wenn ihre Netzhautbilder auf denselben Zapfen oder auf zwei benachbarte Zapfen fallen, indem zu einer gedoppelten Wahrnehmung ein Abstand ihrer Retinalbilder um mindestens die Breite eines Zapfens erforderlich sei. Gute Augen erkennen 2 weisse Striche, die um 70 bis 50 Secunden von einander abstehen noch als doppelt, was einem Abstand der Netzhautbildchen von 0,005—0,003 6 Millimeter entspricht. Da die Zapfendicke im gelben Fleck 0,0015—0,002 Millim. beträgt, so wäre den Forderungen der Theorie genügt. Auf das kleine, überaus scharfsichtige Auge des Raubvogels lässt sich aber eine derartige Rechnung nicht anwenden! Jedes Einzelauge des zusammengesetzten Insektenauges erhält ein vollkommenes Bild des gesehenen Gegenstandes, während es nur ein einziges sog. Krystallstäbchen, die als Analoga der Zapfen und Stäbchen der einfachen Augen gelten können, besitzt; eine Erfahrnng, die mit obiger Theorie ebenfalls nicht in Einklang zu bringen ist.

Die Sehschärfe eines Auges misst man durch den kleinsten Winkel, unter welchem Dinge von bekannter Grösse und Form noch unterschieden werden. Je kleiner dieser Winkel, je kleiner also das Netzhautbildchen des Gegenstandes, desto grösser ist im Allgemeinen die Sehschärfe.

Zweckmässige Sehobjecte sind nach Snellen quadratische Buchstaben, deren Striche $\frac{1}{5}$ der Höhe dick sind; dieselben werden von normalen Augen unter einem Winkel von 5 Minuten deutlich gesehen. Snellen's Tafeln

enthalten 20 Schriftproben von verschiedener Grösse; bei jeder Probe ist der Abstand in par. Fussen angegeben, in welchem die Buchstaben unter einem Winkel von 5 Minuten erscheinen. Wird also Probe 20 auf 20′ Abstand unterschieden, so ist die Sehschärfe $\frac{20}{20} = 1$, d. h. normal; ist aber ein Erkennen jener Lettern erst auf 10′ oder auf 5′ Abstand möglich, so bestimmt man die Sehschärfe zu $\frac{10}{20}$ und $\frac{5}{20}$, also $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{4}$ der normalen.

Dieses Verfahren ist übrigens bloss ein conventionelles, indem die Berechtigung die Sehschärfen in der angegebenen Weise numerisch mit einander zu vergleichen, keineswegs feststeht. Augen mit Refractionsanomalien müssen bei der Bestimmung der Sehschärfe natürlich mit ihrer passenden Brille versehen sein.

399. Entfernung der Objecte.

Zur Beurtheilung des Abstandes der Objecte von unserem Auge dient 1) die scheinbare Grösse der Gegenstände, d. h. deren Sehwinkel; wir haben erfahren, dass dasselbe Object zunehmend kleiner erscheint, je weiter es sich von uns entfernt (Verengung von Alleen, langen Strassen u. s. w.). 2) Das Detail; je weniger Einzelheiten wir sehen, je schwächer die Farben und Schatten und je undeutlicher die Contouren erscheinen, für desto weiter entfernt halten wir die Objecte. 3) Zwischenliegende bekannte Gegenstände; fehlen sie, dann halten wir die Entfernung für zu gering. Das Himmelsgewölb erscheint uns nicht als eine Halbkugel, weil die Zenithdistanz uns wesentlich kürzer vorkommt, als die andere, welche zwischen unserem Standpunkte und dem Horizont vielerlei Objecte enthält. 4) Aenderungen des Standpunktes des Beobachters (400). 5) Das Gefühl des Accommodationszustandes trägt etwas bei zur Beurtheilung der Abstände, nahe Objecte vorausgesetzt (Czermak, Panum). Betrachtet man einen Faden so, dass die übrigen Hülfsmittel zur Schätzung der Entfernung möglichst ausgeschlossen bleiben, so gibt uns das Accommodationsgefühl nur Aufschluss, wenn der Faden genähert, nicht aber wenn er vom Auge entfernt wird (Wundt).

Die genannten Anhaltspunkte beruhen also I) auf gewonnenen Erfahrungen über die Eigenschaften der Aussenwelt und II) auf Gemeingefühlen (Nr. 5). Dazu kommen noch die Hülfsmittel des binocularen Sehens (s. 402 u. folg.).

400. Bewegung der Objecte.

Um diese zu erkennen haben wir zwei Mittel: 1) Bei ruhigem Auge verändert das Retinalbildchen des bewegten Körpers seine Lage; wir schliessen also, es bewege sich. Erfolgt aber die Bewegung zu langsam und namentlich auch über einen gleichmässigen Hintergrund, so nehmen wir dieselbe nicht unmittelbar wahr. 2) Das Bewusstwerden unserer Augen-, oder Kopf- und Körperdrehungen. Fixiren wir ein sich bewegendes Object, so ändert sich die Lage seines Retinalbildes nicht; wir schliessen aber aus dem Umfang der von uns vollführten Bewegung auf die Geschwindigkeit des Objects.

Unsere Wahrnehmung der Geschwindigkeit (g) ist, den objectiv gegebenen Bedingungen gemäss, nichts anderes, als eine Messung des vom bewegten Körper zurückgelegten Weges (r) durch die dazu erforderliche Zeit (z), nach der Formel $g = \frac{r}{z}$. Von den vielen, dem Experiment hier vorbehaltenen Aufgaben ist bis jetzt bloss eine untersucht. Die als Sehobject dienende Spitze eines Schreibhebels bewegte sich mit gleichmässiger Geschwindigkeit durch einen Raum von 20 Millimetern, entlang dem rotirenden Kymographion, auf welches die Bewegung verzeichnet wurde. Der Beobachter hatte die Aufgabe, alsbald dieselbe Geschwindigkeit auf das Kymographion mittelst des Schreibhebels zu verzeichnen. Da r constant blieb, so handelte es sich in den Vergleichsversuchen eigentlich nur um die Wahrnehmung der zur Bewegung verwandten Zeit. Schnelle Bewegungen werden unter diesen Umständen verlangsamt, langsamere dagegen schneller wiedergegeben (Vierordt). Schnelle Bewegungen durch einen kleinen Raum erfordern kleine Zeiten; letztere vergrössern wir aber (298. b) subjectiv. Die Geschwindigkeitsempfindung muss also eine mit abnehmender Zeit verhältnissmässig immer grösser werdende Minderung erfahren. Langsame Bewegungen dagegen kommen uns geschwinder vor, als sie wirklich sind, da grössere Zeiten von uns subjectiv verkleinert werden. Bewegungen, die 1 Sekunde dauern, empfinden wir im richtigen Geschwindigkeitsmaass.

Objective Zeit.	Abweichung der zur nachgemachten Bewegung verwandten Zeit von der objectiven Zeit.
0,18	+ 35 %
0,37	+ 16
0,61	+ 2,5
0,86	+ 0,5
1,15	— 2,3
1,36	— 0,9
1,62	— 4,1
1,88	— 8,7 %.

Bewegungstäuschungen: 1) Beim Gehen erscheinen uns seitwärts liegende Gegenstände bewegt, und zwar in entgegengesetzter Richtung. Machen wir plötzlich einen Sprung oder eine Augenbewegung, so erscheinen näher liegende Gegenstände bewegt. Noch stärker ist diese Täuschung bei passiven und namentlich unvermutheten Bewegungen des Körpers; beim schnellen Fahren rückt die Landschaft in entgegengesetzter Richtung fort, beim plötzlichen Stoss des Wagens scheinen nähere Gegenstände zu schwanken. 2) Betrachtet man anhaltend gewisse bewegte Objecte, z. B. ein schnell fliessendes Wasser von einer Brücke herab, so scheint dasselbe nach einer gewissen Zeit zu ruhen und man hat die Empfindung, als ob man sammt der Brücke in entgegengesetzter Richtung bewegt werde. 3) Wird ein in schneller Bewegung begriffener Körper bloss ein Zeitminimum betrachtet, z. B. mit Hülfe des, einen sonst dunkeln Raum momentan erleuchtenden elektrischen Funkens, so scheint er stille zu stehen, weil in dieser kurzen Zeit sein Retinabild nicht merklich weiter rückt.

Der Capillarblutlauf unter dem Mikroskop, sowie die lebhaft schwingenden Wim-

pern des Flimmerepitels scheinen stille zu stehen, wenn sie bloss einen Augenblick betrachtet werden. Diese Verhältnisse können auch benützt werden zur Bestimmung der Geschwindigkeiten solcher Körper.

401. Grössentäuschungen.



Fig. 106.

Die durch mehrere Zwischenpunkte ausgefüllte Distanz *ab* Fig. 106 erscheint uns grösser als die gleiche Distanz *cd*.

Ferner treten Grössentäuschungen allemal auf, wenn wir die Entfernungen der Objecte falsch beurtheilen. I. Wir halten die Entfernung für zu gross; das Object wird dann grösser taxirt. Der aufgehende Mond z. B. erscheint uns grösser, als wenn er hoch am Himmel steht, weil uns die an den Horizont angrenzenden Theile des Himmels als die fernsten vorkommen (399). Beim Sehen in die Ferne kann ein nahe vor dem Auge sich vorbeibewegender kleiner Gegenstand, eine Mücke z. B., in der ersten Ueberraschung als gross erscheinen. II. Wir halten die Entfernung für zu gering; die Gegenstände erscheinen uns dann kleiner. Die Hauptveranlassungen zu derartigen falschen Auffassungen sind: 1) Das Betrachten naher Gegenstände. Dasselbe verringert unwillkürlich unsere Vorstellung von der Tiefe des Sehfeldes; betrachtet man, während ein Auge geschlossen ist, einen möglichst nahen schmalen Körper, so erscheint ein ferner Gegenstand erheblich kleiner; derselbe beginnt aber zu wachsen, wenn der fixirte Körper vom Auge allmälig entfernt wird (s. auch 404). 2) Schnelle Bewegung unseres Körpers. Beim schnellen Fahren auf der Eisenbahn kommt uns das seitwärts Gelegene merklich kleiner vor (Dove). Bei jeder Fortbewegung überhaupt ändern seitliche Gegenstände ihre Stellung gegen den Hintergrund um so schneller, je näher sie uns sind; beim ungewöhnlich schnellen Fahren aber erfolgt die Stellungsänderung (die sog. Parallaxe) besonders schnell; wir verlegen desshalb die Gegenstände unwillkührlich in grössere Nähe (Sick).

Hieher gehört auch die bekannte Täuschung über die vergrösserte Wirkung der Fernröhren; wegen des vielen Details, welches wir mittelst dieser sehen, verlegen wir die Objecte unwillkürlich in grössere Nähe und unterschätzen desshalb die durch das Fernrohr gesehenen Dimensionen. Wir werden alsbald den Irrthum gewahr, wenn wir mit einem unbewaffneten und einem bewaffneten Auge zugleich das Object betrachten.

Jede unrichtige Schätzung der Entfernung zweier Punkte desselben Objectes führt zu falscher Auffassung des letzteren. Ein ansteigender Weg z. B. erscheint uns in der Ferne sehr viel steiler als in der Nähe; im ersten Fall halten wir die tiefste und höchste Stelle des Weges einander näher gerückt.

D. Binoculares Raumsehen.

402. Leistungen.

Die bisher geschilderten Gesichtswahrnehmungen können auch durch ein Auge gewonnen werden. Wir benützen aber gewöhnlich beide und erlangen

dadurch mehrfache Vortheile: 1) das Sehfeld wird grösser (etwa 180°) in der Horizontaldimension. 2) Die Auffassung der Tiefendimension ist in hohem Grade erleichtert und zwar vorzugsweise durch die Wahrnehmung: a) des Convergenzgrades beider Augen und b) der Verschiedenheit beider Netzhautbilder. Körperliche Gegenstände nämlich, z. B. ein Würfel, eine Vertiefung, bieten beiden Augen mehr oder weniger verschiedene Ansichten; man betrachtet desshalb häufig solche Gegenstände abwechselnd mit dem einen und andern Auge, um die Körperlichkeit derselben genauer beurtheilen zu können. Wir betrachten, von 405 an, die namentlich von Meissner und Nagel diskutirte Geometrie der Bildchen, welche körperliche Objecte auf beiden Netzhäuten entwerfen, und leiten sodann aus den Eigenschaften dieser Bildchen die Nothwendigkeit der Wahrnehmung der Tiefendimension (sowie auch die Erscheinungen des künstlichen stereoskopischen Sehens) ab.

Beide Netzhäute überliefern der Seele zwei Bilder, gleichwohl erblicken wir die Dinge einfach. Auch das Insekt sieht einfach, obschon ein Gegenstand hunderte ja tausende von mehr oder weniger correspondirenden Bildchen in den einzelnen Augenfacetten entwirft. Nur unter anomalen Verhältnissen oder künstlich herbeigeführten Versuchsbedingungen sehen wir die Gegenstände doppelt.

403. Einfluss der Augenconvergenz.

Sie dient 1) Zur Beurtheilung des Abstandes der Sehobjecte. Wir projiciren die Retinabilder beider Augen in die richtige Stelle im Raum, d. h. dahin, wo das betreffende Gesichtsobject sich befindet. Die Lokalität jedes Punktes des Netzhautbildchens gibt uns jedoch nur an, in welche Richtung, nicht aber in welchen Abstand von uns wir das gesehene Object zu verlegen haben. Der fixirte Objectpunkt *m*, Fig. 116, § 410, entwirft seine Retinalbildchen auf 1 (in der Mitte beider gelben Flecke). Das linke Auge projicirt seine Erregung in die Richtungslinie *1a*, das rechte aber in die Richtungslinie *a'*. Beide Linien schneiden sich in *m*; *m* wird einfach gesehen, also ist der Ort eines fixirten Objectes bestimmt durch den Schnittpunkt beider Sehlinien. Ueber die jeweilige Lage der Augen, also indirect auch dieser Linien sind wir durch Muskelgefühle auf's Genaueste unterrichtet und schliessen desshalb aus dem Grad der Augenconvergenz auf die grössere oder geringere Näherung der Objecte.

Hält man vor jedes Auge eine innen geschwärzte Röhre, so verschmelzen beide Röhrenöffnungen zu einer einzigen bei einer gewissen Röhrenconvergenz; mindert man die Convergenz, so erblickt man 2 Röhrenöffnungen, welche um so weiter von einander abstehen, je mehr die Röhren dem Parallelismus sich nähern. Auch beim Parallelismus der gerade nach vorwärts gerichteten Röhren (und selbstverständlich Sehlinien) nimmt man 2 Oeffnungen wahr, beim Betrachten einer nahen Fläche. (Zur Herstellung eines tadelfreien Parallelismus beider Sehaxen und um dem, diesem Versuch von E. Hering gemachten Vorwurf zu begegnen, dass man unwillkürlich schiele, zeichnet man auf die Fläche für jedes Auge einen Punkt, der von dem zugehörigen Auge leicht unausgesetzt betrachtet werden kann, und lässt zugleich beide Punkte soweit von einander abstehen, als die Drehpunkte beider Augen von einander entfernt sind.) Sieht man dagegen durch

die parallel vorwärts gerichteten Röhren in die Ferne, oder starrt man die nahe Fläche unter Accommodationsentspannung an, so verschmelzen (dem Geübten leicht) beide Röhrenöffnungen in eine einzige, was der Projectionstheorie gemäss ist, weil der Inhalt beider Netzhäute in unendliche Ferne verlegt wird und dadurch wiederum an demselben Ort zur Deckung kommt.

II) Beurtheilung der Grösse der Gegenstände. Indem wir die Netzhautbilder in den richtigen Abstand verlegen, gewinnen wir auch ein richtiges Urtheil über die entsprechenden Objectgrössen (Descartes).

404. Gesichtstäuschungen zufolge der Augenconvergenz.

Die zunehmende Augenconvergenz verringert unsere Vorstellung von der Tiefe des Sehfeldes; desshalb erscheint uns ein indirekt gesehenes feststehendes nahes Object, zunehmend kleiner und näher, je mehr wir unsere Sehaxen convergiren lassen.

Auch beim direkten Sehen treten ähnliche Täuschungen ein, sobald man durch passende Vorrichtungen die Objecte unter einem anderen Convergenzwinkel erblickt, als demjenigen, welcher den wirklichen Objectabständen von den Augen entspricht. Rollet empfiehlt hiefür zwei gegen einander geneigte, planparallele, dicke Glasplatten. In Fig. 107 erscheint Object *F* dem Auge *L* in der Richtung nach *l*, dem Auge *R* in der Richtung *r* durch die brechende Wirkung der Gläser verschoben; wird *F* aber mit beiden Augen gesehen, so verlegen wir es nach dem Kreuzungspunkt *K* beider Sehlinien; *F* erscheint desshalb näher und kleiner. Die gegentheilige Wirkung hat die Anordnung Fig. 108; um *F* durch die Platten zu sehen ist die Augenconvergenz zu verkleinern; *F* erscheint desshalb auch grösser, weil wir die Retinalbilder in einen weiteren Abstand, nach *K*, verlegen.

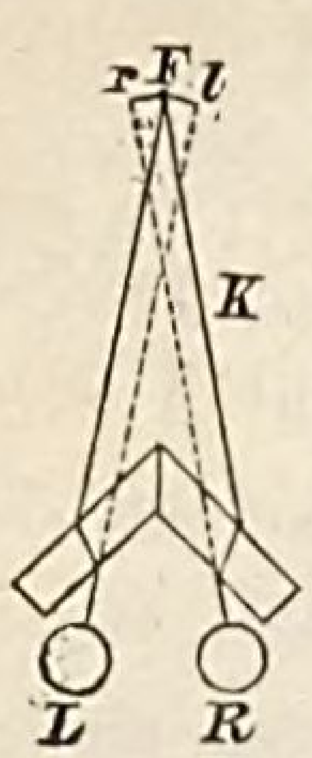


Fig. 107.

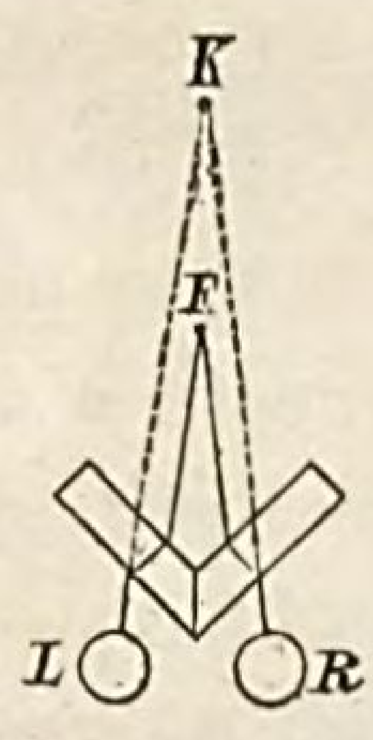


Fig. 108.

Aehnlich wie Anordnung Figur 108 wirkt eine von Brücke angegebene Brille mit planprismatischen Gläsern, deren brechende Winkel nach aussen gerichtet sind (entgegengesetzte Stellung wie die Gläser im dioptrischen Stereoskop; Fig. 113). Dieselbe gestattet, kleine Objecte den Augen nahe zu bringen, also dieselben unter grossem Gesichtswinkel zu sehen, ohne mit den Augen so bedeutende Convergenzanstrengungen machen zu müssen, wie es der Objectabstand an sich verlangen würde.

405. Perspektive des Netzhautbildes.

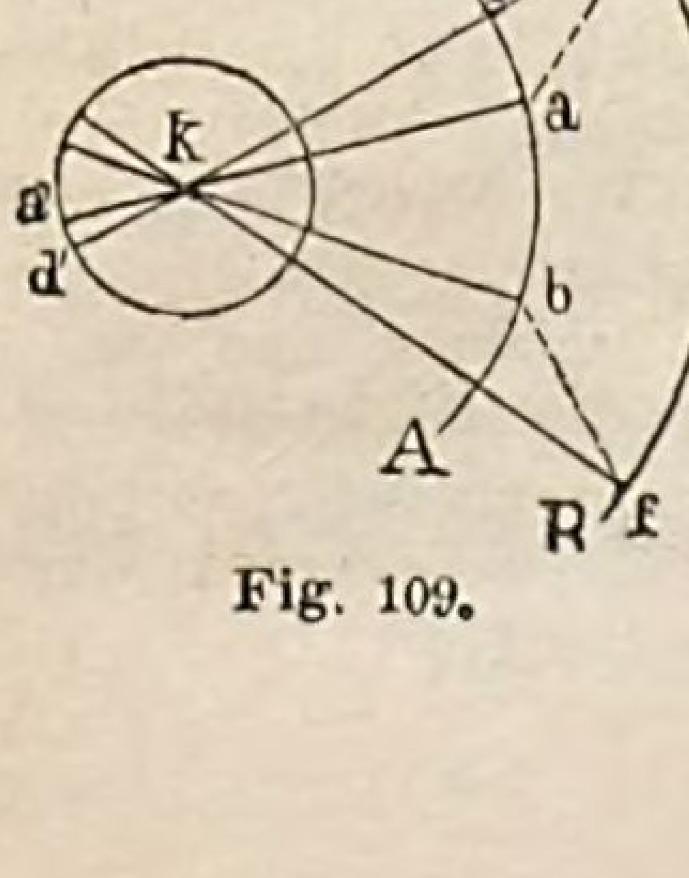


Fig. 109.

Die Netzhautbilder sind perspektivischer Art; ohne perspektivische Verkürzung werden auf der Netzhaut nur Distanzen entworfen wie z. B. *ab*, *df*, Figur 109, die in den Kreisflächen *AA* oder *BB* liegen; alle Punkte dieser Flächen stehen vom Knotenpunkt *k* gleich weit ab und alle Objecte, die in einer solchen Kreisfläche liegen, entwerfen auf der

Retina ähnliche Bilder. Die Distanz *ad* dagegen erscheint in der Verkürzung *a'd'*, die Distanz *rd* (welche in der Richtungslinie *d'd* liegt) gibt sogar nur ein punktförmiges Retinalbild *d'*. Daraus folgt: alle körperlichen Objecte, wie z. B. *adfb*, entwerfen bedeutend perspektivisch verkürzte Linien auf der Netzhaut.

406. Die Netzhautbilder beider Augen.

Distanzen bilden sich auf beiden Netzhäuten in gleicher Grösse ab, wenn ihre Endpunkte liegen: I. in sehr grosser Entfernung (einer solchen gegenüber sind die Standpunkte beider Augen identisch); II. in der Medianebene (*MM*, Fig. 121. § 413), welche den Kopf in zwei symmetrische Hälften theilt (die Retinalbilder *mn* und *m'n'* der Distanz *ap* Fig. 121, sind gleich gross); III. in der Peripherie eines Kreises, der, mit beliebigem Halbmesser, gezogen wird durch die Kreuzungspunkte der Richtungslinien beider Augen (die Distanz 1—2, Fig. 124, § 417, entwirft die gleichen Bilder 1—2 in beiden Augen); IV. zu beiden Seiten der Medianebene, z. B. in Punkt *c* u. *d*, Fig. 121; vorausgesetzt, dass die Verbindungslinie *cd* beider Punkte durch die Medianebene halbirt wird.

In allen anderen Fällen aber entwerfen (näher liegende) Distanzen in beiden Netzhäuten Bilder von ungleicher Grösse, weil sie 1) von beiden Augen verschieden weit abstehen, wie *ab*, Figur 110, ganz besonders aber 2) wegen der perspektivischen Verkürzung, wie *ac*, deren linkes Retinalbild *c'a'* viel kleiner ist als das rechte *b' a'*. Daraus folgt: körperliche Objecte, in denen Distanzen verschiedener Richtung immer vorkommen, können niemals gleiche Netzhautbilder in beiden Augen entwerfen.

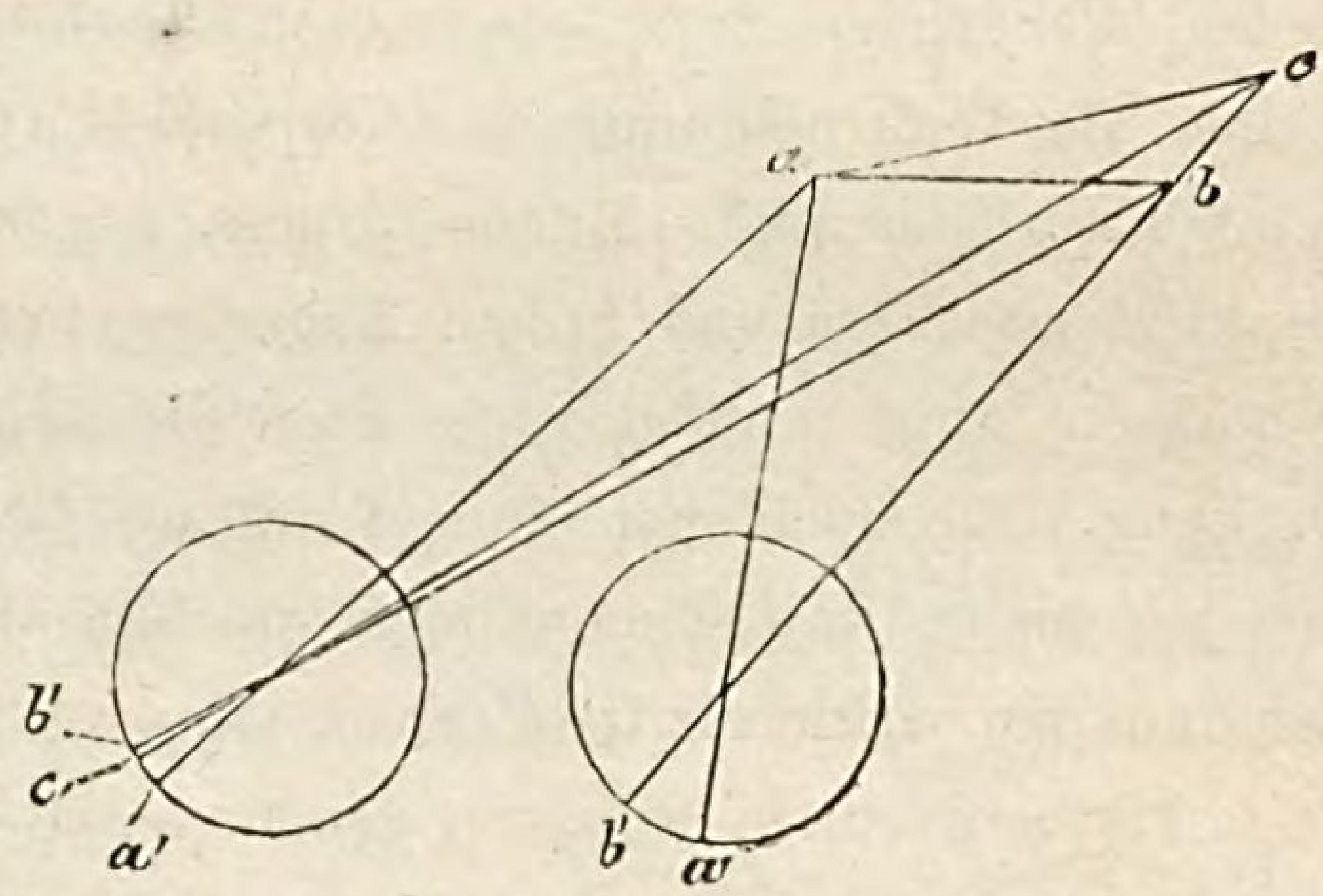


Fig. 110.

407. Wahrnehmung der Körperlichkeit.

Wir besitzen zahlreiche Hülfsmittel zur Beurtheilung der Tiefendimension (399). Dieselben sind auch beim monocularen Sehen anwendbar. Die vollkommenste Wahrnehmung der Körperlichkeit ist aber an das binoculare Sehen gebunden; sie ist die unmittelbare Folge der richtigen stereometrischen Projektion beider Netzhautbilder. Wir verlegen nämlich immer die zusammengehörigen Bildpunkte beider Netzhäute an ihren wahren Ort. Dem Objectpunkt *n*, Fig. 116 (§ 410), entsprechen die Bildpunkte 2 in beiden Augen; ihre beiden Richtungslinien *2n* schneiden sich in *n*, also in

einem Punkt, der den Augen ferner liegt, als der fixirte Punkt *m*. Die durch die 2 Objectpunkte *m* und *n* veranlasste Affection der 4 Retinalpunkte (2 und 1) führt also zur richtigen Auffassung beider Gesichtsobjecte: wir nehmen bloss 2 Objectpunkte wahr und erblicken dieselben in verschiedenen Abständen von uns; die beiden flächenhaften Retinalbilder vereinigen sich somit zum vollkommenen stereoskopischen Effect.

Die Objecte mit Tiefendimension entwerfen unter allen Umständen in beiden Augen verschiedene Retinalbilder (406); das Verhältniss beider Bilder ändert sich aber mit jeder Lage der Augen nach bestimmten, für jede Augenstellung gesetzmässig wiederkehrenden Normen, die wir durch lange Erfahrung haben kennen lernen. Die Bildchen selbst verlegen wir immer (nach den, aus den jeweiligen Augenstellungen hervorgehenden Regeln der Perspective) in richtiger Weise nach Aussen; demnach ist die perspective Verschiedenheit der beiden Netzhautbildchen eine Hauptbedingung zur schärferen Wahrnehmung der Körperlichkeit der Gesichtsobjecte (W h e a t s t o n e).

408. Stereoskope.

Sie dienen zunächst zur Herstellung der Wahrnehmung der Tiefendimension mittelst gewöhnlicher flächenhafter Bilder. W h e a t s t o n e ging aus von dem, soeben diskutirten Satz, dass die Verschiedenheit der Netzhautbilder beider Augen die Wahrnehmung des Körperlichen vermittelt; er verfertigte desshalb gesonderte flächenhafte Bilder körperlicher Objecte so, wie dieselben vom Standpunkt des rechten und linken Auges erscheinen, betrachtete jedes mit dem zugehörigen Auge und brachte die Bilder an derselben Stelle im Raum zur Deckung. Sie erschienen einfach und a u f f a l l e n d k ö r p e r l i c h, d. h. sehr viel deutlicher mit Tiefendimension begabt, als gewöhnliche perspektivische Zeichnungen, Landschaftsbilder u. s. w. Ein abgestutzter Kegel, dessen Spitze gegen den Beschauer gerichtet ist, gibt für das linke und rechte Auge die Projectionen *L* und *R*, Fig. 111. Beide Flächenzeichnungen, im Stereoskop zur Deckung gebracht, erscheinen körperlich. Besonders belehrend sind verwickeltere geometrische Figuren, z. B. Bilder von Drahtnetzen, die selbst mit Zuhülfenahme aller, die Vorstellung unterstützender, Anhaltspunkte (399) immer nur ein ungenügendes Bild der Körperlichkeit bieten. Hieher gehören die allbekannten Wirkungen stereoskopischer Photographieen von Landschaften, Büsten u. s. w.

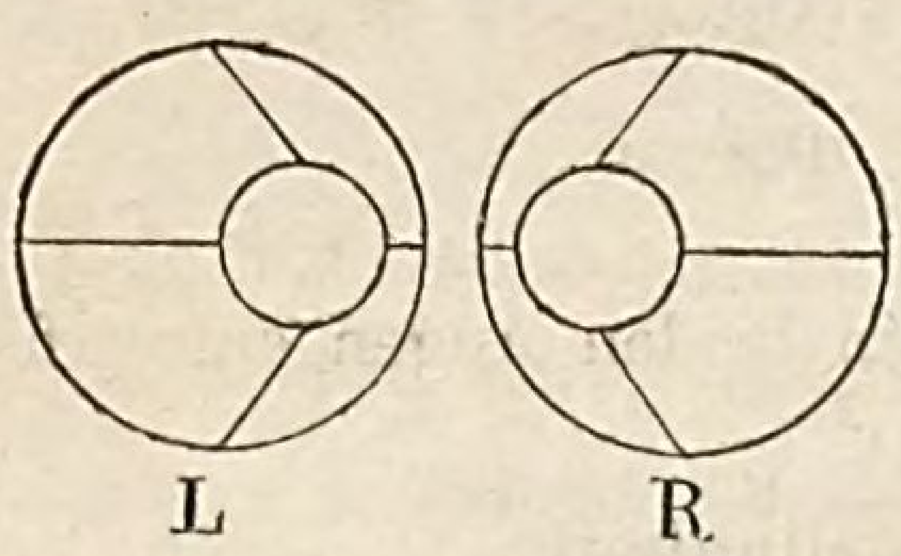


Fig. 111.

409. Verschiedene Arten von Stereoskopen.

Die Deckung der stereoskopischen Projectionen kann auf mehrfache Weise geschehen; gewöhnlich benützt man Spiegel oder dioptrische Mittel, oder end-

lich die Spiegelung und Brechung zugleich. I. Das Spiegelstereoskop von Wheatstone (im Grundriss in Fig. 112) besteht aus den beiden Spiegeln *L* und *R*, die unter einem rechten Winkel zusammenstossen. An den, unter sich parallelen, senkrechten Wänden *L'* und *R'*, die mit den Spiegeln Winkel von 45° bilden, werden die Zeichnungen befestigt. Jedes Auge sieht also nur das Spiegelbild seiner Zeichnung. Die Punkte *b* und b^1 beider Zeichnungen erscheinen beiden Augen wie ein hinter den Spiegeln in b^2 gelegener Punkt. Ebenso scheinen die correspondirenden Punkte *c* und a^2 beider Zeichnungen in dem Punkt *m*, und die Punkte *a* und c^2 in *m'* zu liegen. Man sieht also b^2 hinter *m'* und *m*.

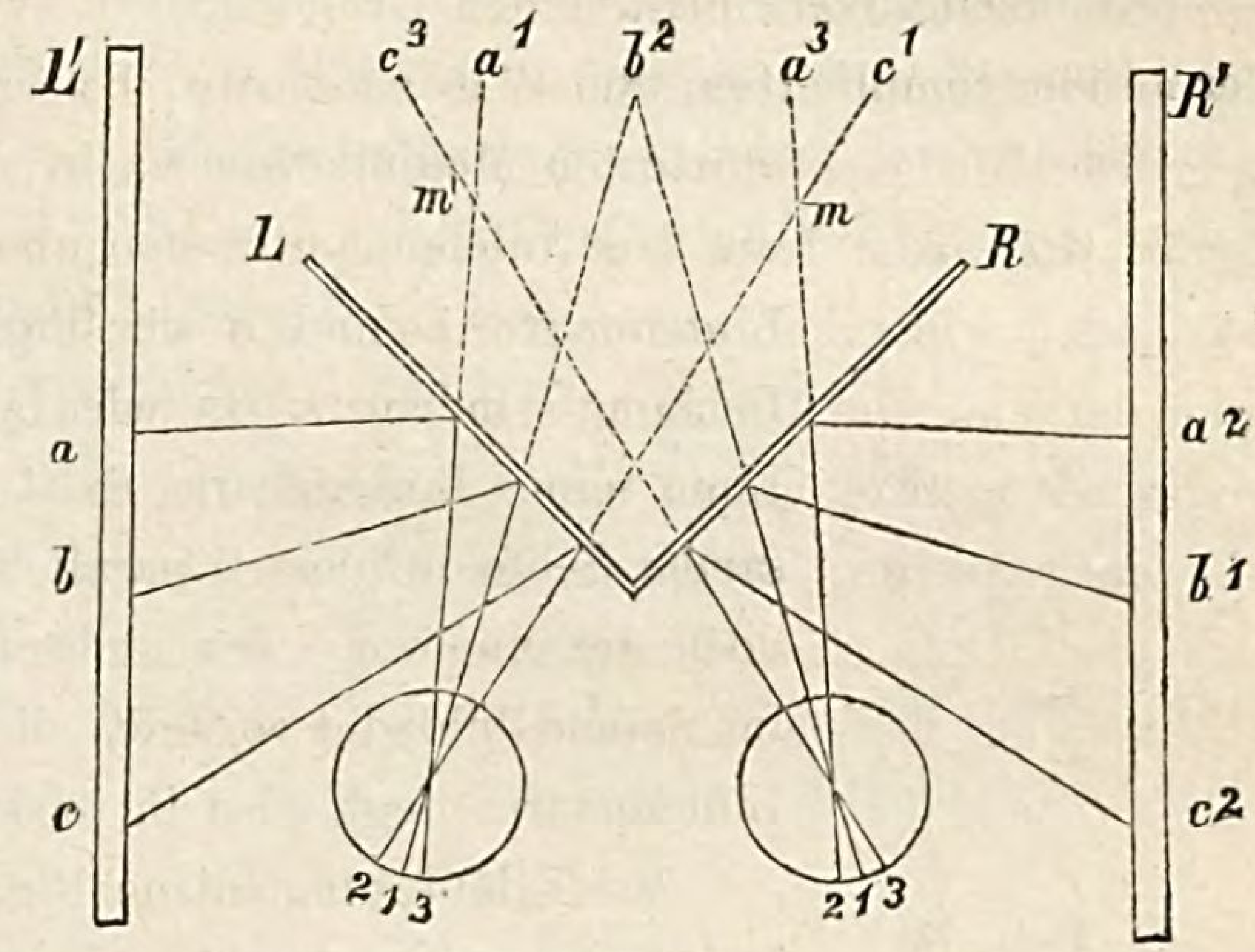


Fig. 112.

II. In Brewster's dioptrischem Stereoskop, welches vorzugsweise gebraucht wird, sieht jedes Auge durch die eine Hälfte einer durchschnittenen Sammellinse von 6—7 Zoll Brennweite oder durch zwei Prismen von kleinen Winkeln, deren dicke Theile von einander abstehen, sodass das linke Bild nach rechts und das rechte nach links rückt, wodurch dem Beschauer die Deckung beider erleichtert wird. Punkt *l* Fig. 113 der einen Zeichnung wird durch die Linse so gebrochen, dass er in die Richtung der punktirten Linie 1 versetzt wird; während die andere Linse dem Punkt *r* die Richtung der Linie 2 anweist; beide Punkte decken sich in *m*.

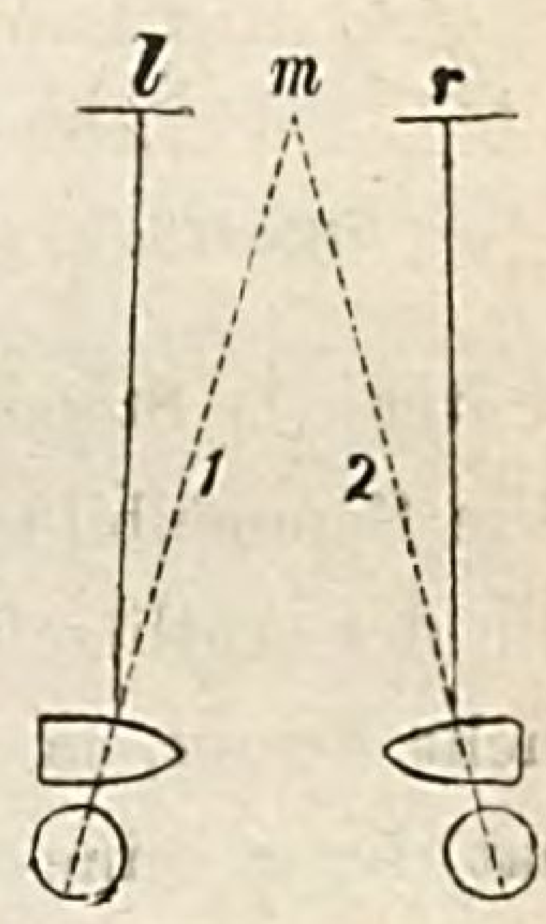


Fig. 113.

III. Dove verwendet das gleichschenklige, rechtwinkelige Prisma (Spiegelprisma). Die beiden Cathetenflächen wirken lichtbrechend, die Hypotenusenfläche *h* dagegen das Licht total reflectirend, wie Fig. 114 bezüglich der von den Punkten *l* und *r* kommenden parallelen Strahlen andeutet. Das Object *lr* erscheint demnach dem Auge *A*, durch das Prisma gesehen, wie ein Spiegelbild, d. h. rechts ist in links verkehrt, oben und unten aber sind identisch geblieben. Nimmt man von einem symmetrischen Körper zwei Zeichnungen von den Standpunkten des rechten und linken Auges, so stellt (s. Fig. 111) die eine Zeichnung nichts anderes dar als eine einfache Umkehrung, d. h. ein Spiegelbild der anderen. Betrachtet man nun eine solche Zeichnung mit dem zugehörigen Auge direkt, mit dem andern

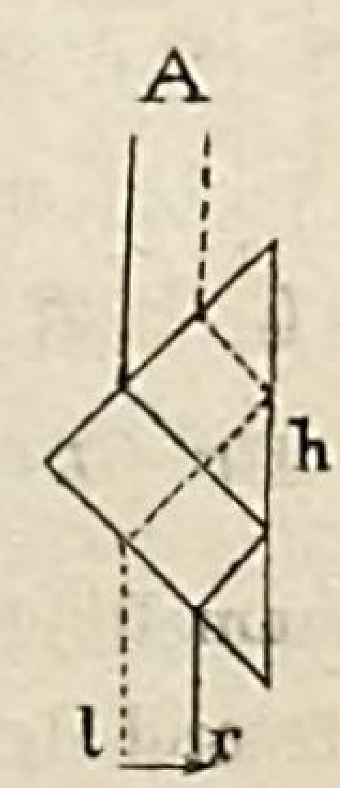


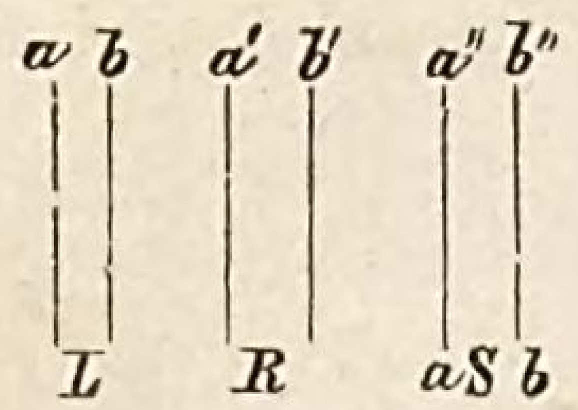
Fig. 114.

Auge aber durch das Prisma, so ist es, als ob letzteres die ihm zugehörige Zeichnung erblicke. Beide Retinalbilder lassen sich leicht zur Deckung bringen und geben dann den Anblick der Körperlichkeit.

410. Analyse des stereoskopischen Bildes.

Wir beschränken uns auf den Grundversuch, welcher alle übrigen, mehr oder minder complicirten, von Wheatstone, Brücke, Panum, Nagel u. A. erörterten Modifikationen, in sich schliesst. Bringt man die 2 parallelen, unter sich aber ungleichweit abstehenden Linienpaare *L* und *R* der Figur 115 im Stereoskop zur Deckung, indem z. B. jedes Auge die Mitte der linken Linie seines Linienpaares fixirt, so sieht man im gemeinsamen Sehfelde bloss 2 parallele Linien (*S*), von denen jedoch die eine vor der andern liegt. Diejenige Linie ist im Sammelbild die vordere, die auf der Seite des engeren Linienpaares liegt, also in unserem Fall die linke.

Fig. 115.



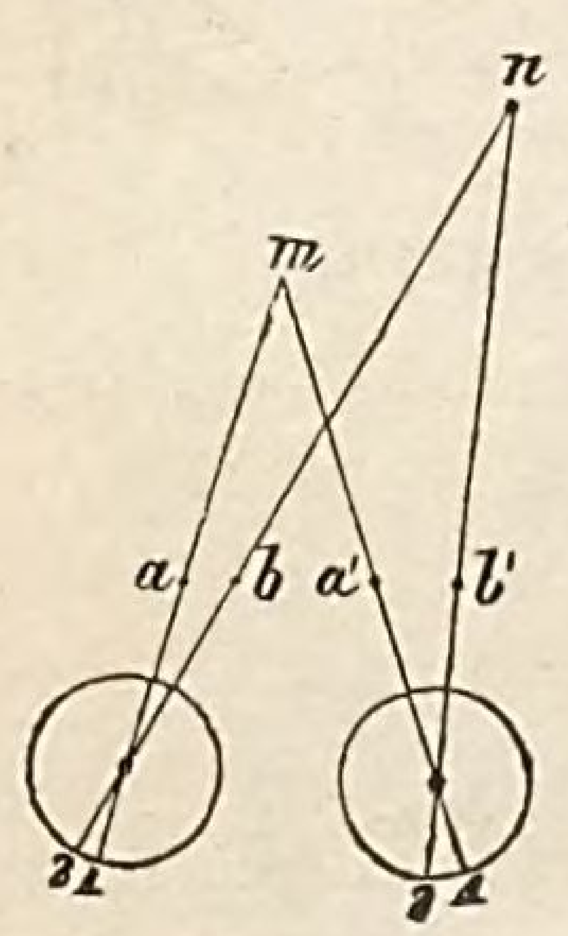


Fig. 116.

Zur Erläuterung diene Fig. 116. Die Punkte *a*, *a'* — *b*, *b'* entsprechen den (in der Visirebene gelegenen) Mittelpunkten der gleichnamigen Linien in *L* und *R*, Fig. 115. Die Richtungslinien 1 *a* und 1 *a'* schneiden sich in *m*, die Richtungslinien 2 *b* und 2 *b'* erst in *n*; also muss das linke Sammelbild den Augen näher liegen. Aus der Figur folgt weiter: 1) Stehen die 2 Linienpaare unter sich gleichweit ab, so erscheinen ihre Sammelbilder in gleichweiter Entfernung vom Auge (also in einer Ebene, die der Antlitzebene parallel verläuft). 2) Das eine Sammelbild rückt um so mehr heraus, je grösser der Unterschied der Abstände beider Linienpaare; doch hat dieses seine Grenze, jenseits welcher keine Verschmelzung mehr möglich ist; man sieht dann ein Sammelbild (*a a'*) und zwei gesonderte Bilder *b* und *b'*.

Ist das Linienpaar für das eine Auge senkrecht und parallel (s. Fig. 117), dagegen die eine Linie des zweiten Paares vom Parallelismus abweichend, wie z. B. die nach links aufsteigende *b'*, so sieht man im Sammelbild 2 Linien, die linke verläuft in der Papierebene, die rechte dagegen schräg gegen diese Ebene. Die Horizontalabstände beider Linienpaare sind bloss zwischen 1—2 gleich; also kann die schräge Combinationslinie bloss mit ihrem Punkt 2 in der Papierebene liegen, während ihre obere Hälfte vor, ihre untere Hälfte hinter diese Ebene tritt. Im stereoskopischen Sammelbild erscheint also ein Punkt um so ferner, je grösser der horizontale Abstand der 2 componirenden Punkte in der Bildfläche ist (wobei die beiden stereoskopischen Zeichnungen nach den Forderungen der Perspective übereinander geschoben gedacht werden).

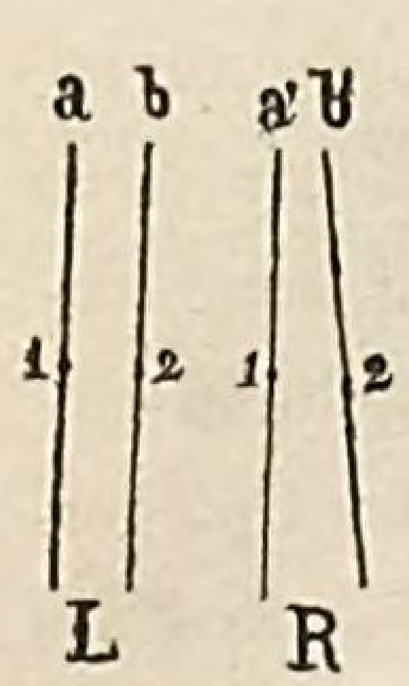


Fig. 117.

411. Telestereoskop.

Die Contouren beider Netzhautbilder sind um so verschiedener 1) je näher die Objecte uns liegen und 2) je mehr beide Augen von einander abstehen. Desshalb pflegt man die stereoskopischen Photographieen von zwei Standpunkten aus aufzunehmen, welche beträchtlich weiter von einander abstehen als beide Augen; man erhält dadurch eine ungewohnte, starke stereoskopische Wirkung. Darauf fusst auch das Telestereoskop von Helmholtz. Die Spiegel *L* und *R* werfen ihre Bilder der Landschaft auf die kleineren Spiegel *l* und *r*. Die Augen betrachten die Spiegelbilder von *l* und *r*; es ist somit, als ob die Augen um den Abstand der Spiegel *L* und *R*, d. h. um mehrere Fusse aus einander gerückt wären. Die Landschaft erscheint auffallend körperlich und zwar bis fast auf 1 Stunde Entfernung, jedoch in ungewohnten Abständen, etwa wie ein verkleinertes Modell.

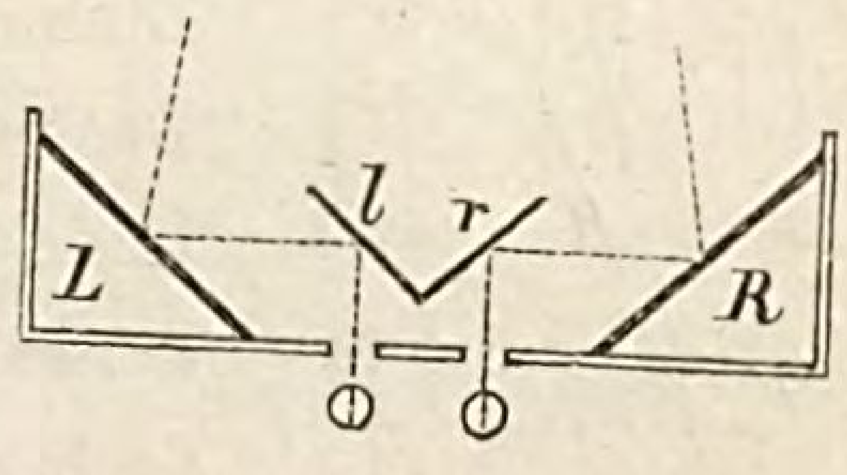


Fig. 118.

412. Pseudoskopische Phänomene.

R, Fig. 119 ist die rechtsäugige Projection eines abgestutzten Kegels mit dem Beschauer zugewandter Abstutzungsfläche. Durch ein Spiegelprisma (Fig. 114) gesehen erscheint *R* umgekehrt, also wie die linksäugige Projection *L*. Man sieht desshalb, wie erwähnt, eine Pyramide mit gegen den Beschauer gewandter abgestutzter Fläche, wenn man R mit dem rechten Auge direkt und zugleich mit dem linken Auge durch das Spiegelprisma betrachtet. Dreht man die Zeichnung um 180°, so erblickt das unbewaffnete Auge das Bild *L* Fig. 117, das bewaffnete aber *R*, d. h. die beiden Projectionen eines Kegels, dessen Abstutzungsfläche dem Beschauer abgewandt ist und man hat nunmehr die entsprechende körperliche Anschauung. Die Umstülpungen erhabener Reliefs in vertiefte, und umgekehrt, nennt Wheatstone pseudoskopische Erscheinungen. Dieselben gelingen nicht bloss an stereoskopischen Projectionen, sondern auch an den Körpern unmittelbar. Schon das unbewaffnete Auge vermag beim anhaltenden (bi- oder monocularen) Fixiren vertiefte Formen vorübergehend erhaben zu sehen. Besser aber erhält man die Umstülpung mittelst des Spiegelprisma's. Betrachtet man nämlich einen symmetrischen Körper, z. B. ein Krystallmodell, eine aufrecht oder umgekehrt gestellte Porzellanschale, durch ein vor das eine Auge direkt gehaltenes Spiegelprisma und projicirt das Bild auf den mit dem andern Auge direkt gesehenen Körper, so erblickt man die Flächen des Körpers entweder einander mehr oder weniger genähert, oder in einer Ebene liegend, oder endlich den Körper förmlich umgestülpt. Diese Inversion wird noch überraschender, wenn auch das zweite Auge ein Spiegelprisma benützt. Eine Büste wird zur Hohlmaske; man glaubt in einen Globus, selbst wenn er

rotirt, hineinzusehen; man erblickt einen vor einer Wand stehenden Körper hinter derselben, die Wand ist also durchsichtig geworden.

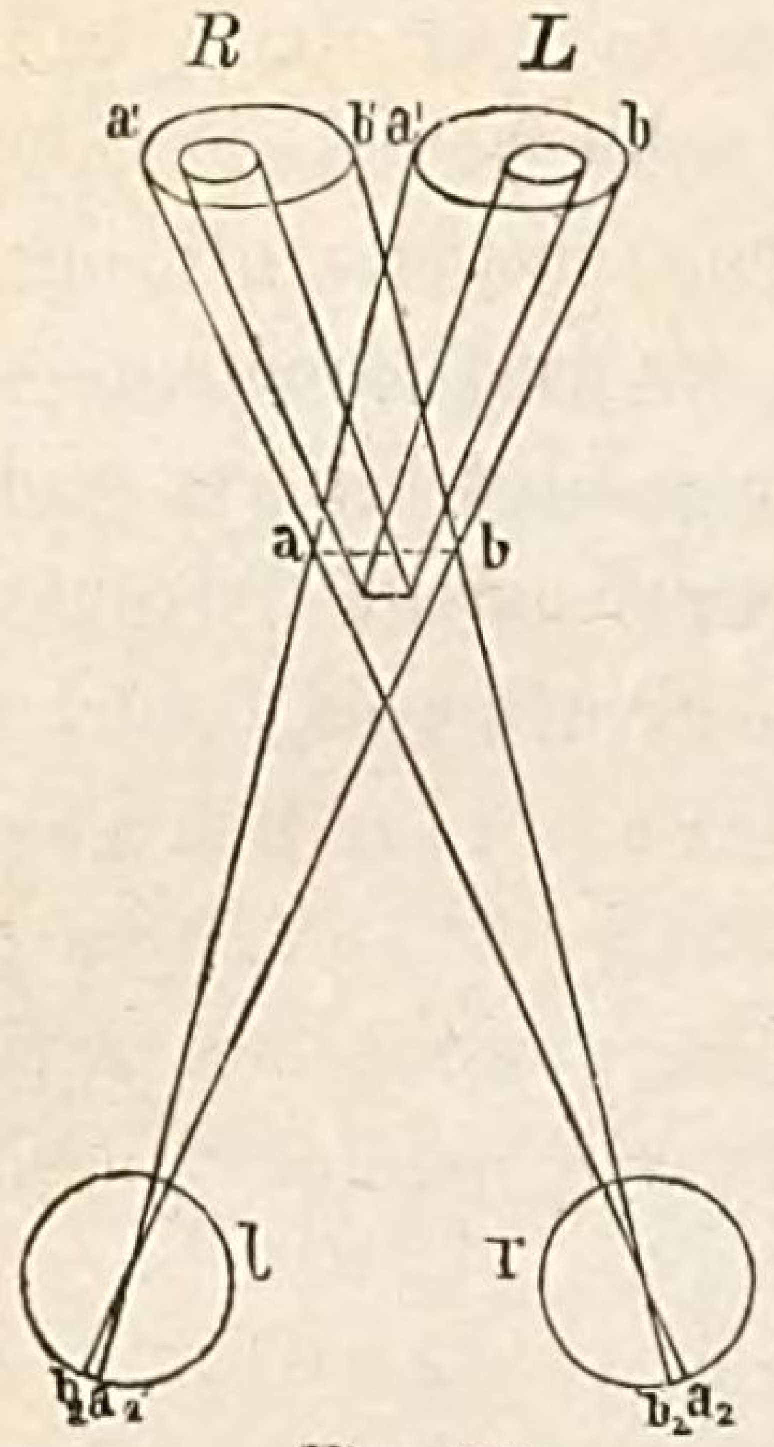


Fig. 119.

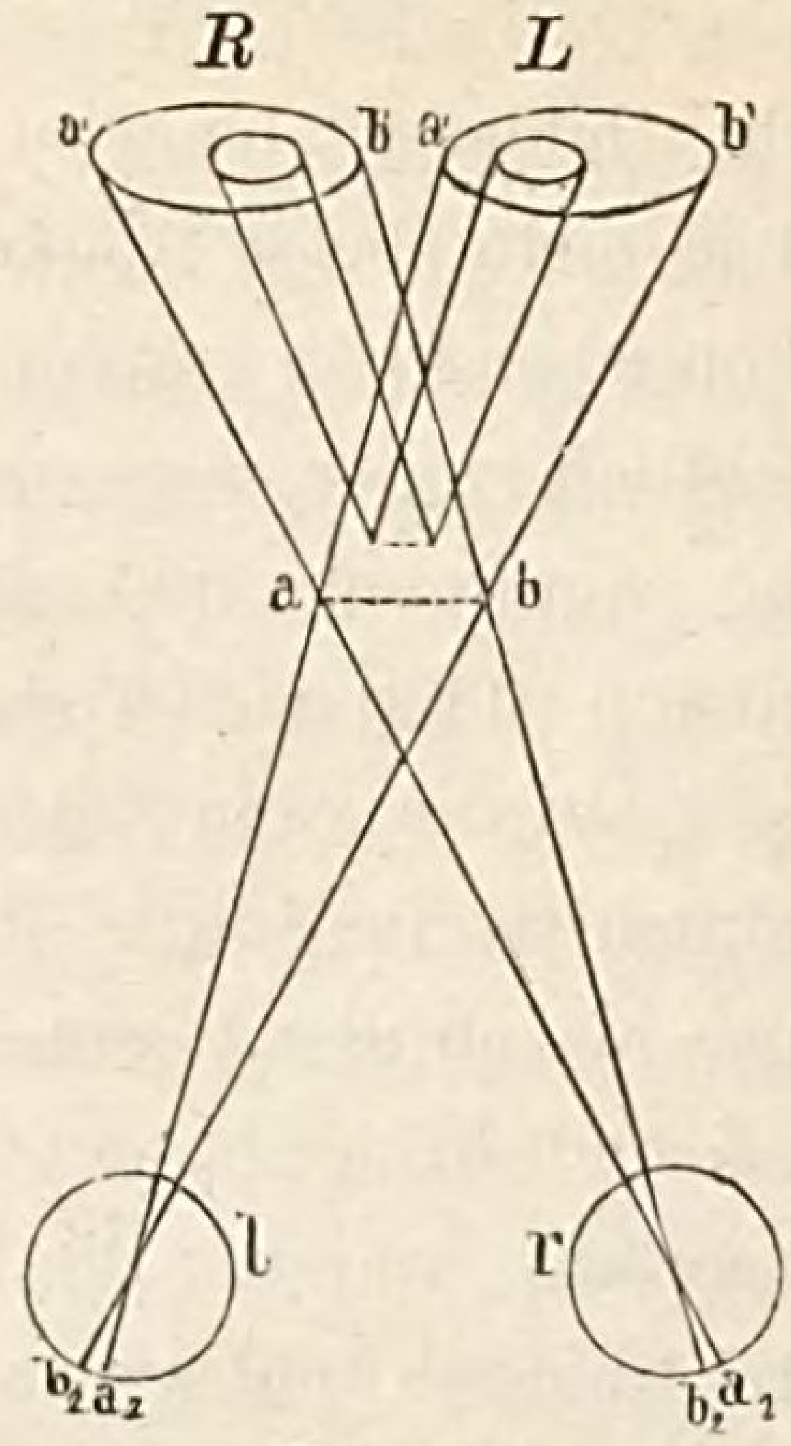


Fig. 120.

Beistehende Figuren geben die stereoskopischen Projectionen der Basis und Abstutzungsfläche des im obigen Beispiel erwähnten Kegels und zwar ist, zur Erläuterung der Inversion, in Fig. 119 die Abstutzungsfläche dem Beobachter zugewandt, in Figur 120 von demselben abgewandt. a—b entspricht der Basis des Kegels; R und L sind die Projectionen für das rechte und linke Auge. Die Richtungslinien der Abstutzungsfläche sind, der Kleinheit der Figur wegen, nicht bis in die Augen gezogen.

413. Doppeltsehen mit beiden Augen.

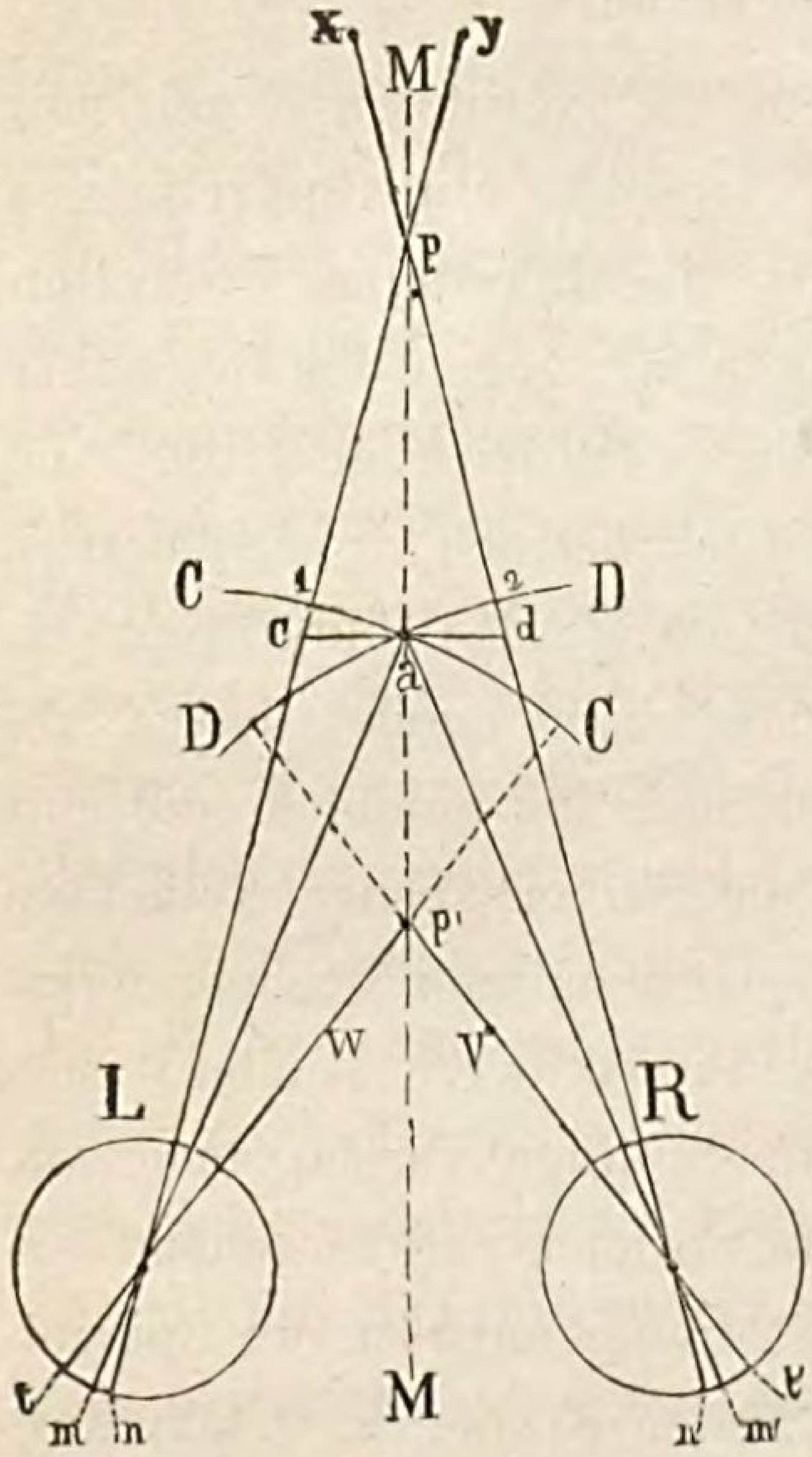


Fig. 121.

Der von beiden Augen fixirte Punkt a Fig. 121 wird unter allen Umständen einfach gesehen; das Netzhautbild desselben fällt beiderseits auf die Mitte des gelben Fleckes. Ein Punkt p, der hinter a liegt, entwirft seine Bilder auf den Nasenseiten beider Netzhäute in n und n'. Er gibt g l e i c h s e i t i g e Doppelbilder, d. h. das linke gehört dem linken Auge an u. s. w., wie man sich durch Schliessen eines Auges überzeugt; der rechts liegende Punkt n des linken Auges wird nämlich als ein linker empfunden. Ein Punkt p', der v o r dem fixirten liegt, trifft beide Netzhäute auf den Schläfenseiten in t und t'. Seine Doppelbilder sind u n g l e i c h s e i t i g e; das linke Doppelbild gehört dem rechten Auge an u. s. w.

Die Doppelbilder zeigen unter sich einen gewissen A b s t a n d. Aus der Figur folgt 1) Je mehr p oder p' von (dem fixirten) a sich entfernen, desto weiter stehen ihre Retinalbildpunkte vom gelben Fleck (m und m') ab, desto mehr entfernen sich also die Doppelbilder im Raum von einander. 2) Der Abstand der ungleichseitigen Doppelbilder unter sich ist grösser als der der gleichseitigen, wenn p und p' von a gleichweit entfernt sind.

414. Ursachen des Einfach- und Doppeltsehens.

Wir projiciren jeden einzelnen Netzhautpunkt in den äusseren Raum und zwar 1) in die Direktion seiner Richtungslinie und 2) in einen bestimmten Abstand vom Auge. Dabei kann aber nur ein sehr kleiner Theil des Inhalts beider Netzhäute so nach Aussen projicirt werden, dass uns die Objectpunkte am wahren Ort, also einfach erscheinen; Alles übrige sehen wir doppelt und müssen normaliter doppelt sehen, wenn wir über den Ort des eben fixirten Punktes richtig orientirt sein sollen. (Giraud-Teulon, Nagel.)

I. Die Projection eines Retinalpunktes in die Direktion seiner Richtungslinie, also die Beurtheilung der Richtung der Sehobjecte, hängt ab vom Bewusstsein unserer jeweiligen Augenstellung, wozu besonders das Gemeingefühl der Bulbusmuskeln beiträgt, das, wie 395 gezeigt wurde, einen hohen Grad von Schärfe erlangt.

II. Zur Projection der Netzhautbilder in einen bestimmten Abstand vom Auge dienen die in 399 betrachteten Anhaltspunkte des monocularen Sehens. Dieselben unterstützen wesentlich unsere Vorstellung über den Abstand der Gegenstände; sie fallen aber grossentheils weg in den auf die möglichst einfache Form gebrachten physiologischen Versuchen über binoculares Doppelt- und Einfachsehen, und gleichwohl erscheinen auch dann die Doppelbilder in einem gewissen Abstand von den Augen. Die auf die Mitte der Macula lutea fallenden Bilder des eben fixirten Punktes werden projicirt in die Richtung der Sehlinie und zwar genau dahin, wo sich beide Sehlinien schneiden, also in einen einzigen Punkt der Aussenwelt; der eben fixirte Punkt erscheint demnach unter allen Umständen einfach. Dagegen können wir die Netzhautbilder t und t' des nahen Punktes p' nicht nach p' verlegen, d. h. dahin, wo die Richtungslinien der Netzhautpunkte t und t' sich schneiden. Dasselbe gilt von den Netzhautbildern n und n'. Die Punkte p und p' erscheinen desshalb doppelt; was ihren Ort betrifft, so stellen wir hierüber folgende Norm auf: Man ist gezwungen, die Doppelbilder von Punkten hinter dem fixirten Punkt in einen Abstand vom Auge zu verlegen, der näher ist als der doppelt gesehene Punkt; die Doppelbilder von Punkten vor dem fixirten Punkt dagegen in einen Abstand, der den Augen ferner liegt als der doppelt gesehene Punkt. Wäre es anders, würden z. B. beim Fixiren von a, Fig. 121, die doppelt empfundenen Retinalpunkte n nach y und n' nach x, sowie die Retinalpunkte t nach w und t' nach v projicirt, so würde die linke Stelle t der linken Retina ihre Erregung nach links, die rechte Stelle n ihre Erregung nach rechts von der Medianebene MM projiciren. Ein Rechts in der Netzhaut kann aber nimmermehr einem Rechts im gemeinsamen Sehfeld entsprechen, wir projiciren demnach so, wie es die Umkehr der Netzhautbilder, mit einem Wort unsere gewonnene Erfahrung über die Beziehungen zwischen Augenstellung und Sehfeld, verlangt.

Mit unserer Norm ist freilich der genauere Abstand der Doppelbilder von den Augen noch nicht definirt; es kommen hier sehr zahlreiche zum Theil noch wenig untersuchte Momente der Vorstellung zu Hülfe, auf die nicht eingegangen werden kann. Wir schliessen uns, um einen einfachen Ausdruck zu gewinnen, der Annahme Nagel's an: zwei durch den Fixirpunkt gehende Kugelflächen — sog. Projectionssphären — *CC* und *DD* Fig. 121, deren Centren in die Knotenpunkte beider Augen fallen, sind die Flächen, auf welche die Doppelbilder projicirt werden.

Zur Wahrnehmung der Hauptsache ist nachstehender, von Meissner näher verfolgte Grundversuch empfehlenswerth: Man fixirt mit beiden, horizontal gerichteten Augen einen nahen Punkt; in einigem Abstand hinter letzterem befinde sich ein Faden und zwar senkrecht zu der Ebene, welche die beiden optischen Axen einschliesst (sog. Visirebene). Ist *a* Fig. 121 der Fixirpunkt, so stellt eine senkrecht auf die Papierebene, durch *p* gezogene, Gerade den Faden dar. Beide Sehobjecte seien in der Medianebene *MM*. Der Faden erscheint als paralleles Doppelbild. Die Interpretation ist nach Nagel folgende: zieht man von jedem Punkt des Fadens die Richtungslinien zu den zugehörigen Retinalpunkten beider Augen, so bekommt man 2 senkrechte Ebenen, welche die Richtungslinien einschliessen. Diese Ebenen müssen die oben definirten Projectionssphären in 2 grössten Kreisen schneiden (die Kreise schneiden die Visirebene in Punkt 1 und 2 Fig. 121). Die Kreise selbst treffen einander in keinem Punkt; die Bilder des Fadens, als Sehnen dieser Kreise betrachtet, sind also einander parallel.

Ist der Faden nicht mehr senkrecht, so neigen sich die Doppelbilder. Kehrt sich z. B. das obere Ende dem Beobachter zu, so stehen die Doppelbilder oben einander näher, sie convergiren also nach oben und kreuzen sich sogar bei einer bestimmten Fadenneigung. Zieht man wiederum von jedem Punkt des Fadens die entsprechenden Richtungslinien, so müssen die 2 Ebenen, welche die Richtungslinien beider Augen einschliessen, die Projectionssphären so treffen, dass die dadurch entstehenden Schnittkreise mit ihren oberen Enden gegen einander sich neigen oder, wenn die Neigung stark genug ist, sich schneiden.

Der Neigungswinkel der die Doppelbilder enthaltenden Schnittkreise hängt also ab von dem Winkel, den das doppeltgesehene Object mit der Visirebene bildet und die Schiefheit der Doppelbilder folgt nothwendig aus der perspektivischen Projection auf die Netzhäute und der Rückprojection in die Projectionssphären (Nagel).

415. Vernachlässigung der Doppelbilder.

Die Retinalbilder der meisten Objecte sind so gelagert in beiden Augen, dass ihre zusammengehörigen Punkte im Raum nicht zur Deckung kommen und gleichwohl erscheinen uns auch sosche Gegenstände aus folgenden Gründen gewöhnlich nicht doppelt: 1) Die Aufmerksamkeit ist dem fixirten Object zugewandt. 2) Das Seitliche im Sehfeld ist, nach Form und Farbe, viel weniger deutlich. 3) Wir sind accommodirt besonders für den fixirten Punkt. 4) Die Doppelbilder liegen meist nahe bei einander, desshalb decken sie sich grossentheils bei breiteren Objecten, so dass zu Versuchen über Doppeltsehen schmale helle Objecte, z. B. eine Linie, erforderlich sind. 5) Unsere Erfahrung der Zusammengehörigkeit der Doppelbilder waltet vor; es findet ein gewisser psychischer Zwang statt, die Doppeleindrücke zu verschmelzen. Desshalb ist a) sogar Anstrengung nöthig um gewöhnliche Gesichtsobjecte mit 2 Augen zweifach zu sehen, sowie auch b) zwei nicht streng richtige stereoskopische Projectionen immer noch einheitlich und körperlich gesehen werden. Ist jedoch der Unterschied zu gross, oder kommen neue Linien hinzu, welche die Vor-

stellung stören, weil dieselben nicht mehr einem Gegenstand entsprechen und desshalb nicht zur stereoskopischen Projection gebracht werden können, so hört die Verschmelzung auf (Panum, Volkmann). Die Parallelen R und L, Fig. 122, verschmelzen im Stereoskop zum Bild S und zwar auch dann, wenn sie durch Querstriche verbunden werden. Die Querstriche dürfen sogar eine kleine Differenz zeigen. Werden dagegen die Parallelen L' und R' Fig. 122 durch Querstriche verbunden, die in bedeutend verschiedenen Höhen liegen, so hat man das Sammelbild S'.

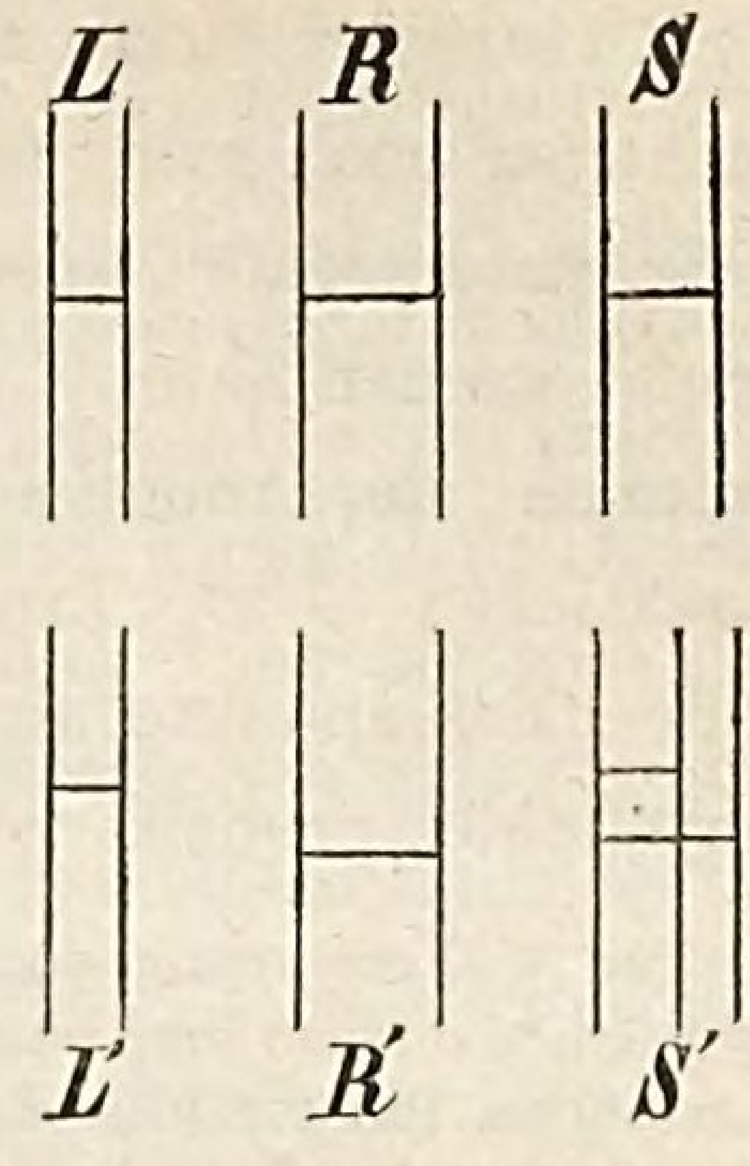


Fig. 122.

416. Aeltere Theorie des Einfachsehens.

Viele Physiologen nehmen in beiden Netzhäuten jeweils 2 funktionell zusammengehörige Punkte an, deren gleichzeitige Erregung zur einheitlichen Empfindung nothwendig verschmelzen solle.

Stellen wir uns die Netzhäute beider Augen so über einander gelegt vor, dass die Mittelpunkte ihrer gelben Flecke, sowie die verticalen und horizontalen Trennungslinien (351) zusammenfallen, so decken sich jeweils die correspondirenden Punkte beider Netzhäute. »Im Raum correspondirend« sind also in beiden Netzhäuten diejenigen Punkte, welche von den Mittelpunkten beider gelben Flecke, horizontale und parallele Sehaxen vorausgesetzt, nach gleichen Richtungen gleichweit abstehen, also: 1) das Oben beider Retinae, 2) das Unten, 3) das Rechts, 4) das Links. Die Schläfenseite des linken Auges correspondirt mit der Nasenseite des rechten u. s. w.

Joh. Müller wählte dafür den Ausdruck »identische« Stellen. Alle anderen Sehfeldspunkte, deren Bilder beiderseits auf nichtcorrespondirende (sog. »differente«) Retinalstellen fallen, müssten dagegen zweifach gesehen werden, wenn nicht die oben besprochene Vernachlässigung des Doppelbildes sich geltend mache. Spätere Forscher, wie Brücke, Meissner, Volkmann schlossen sich, im Wesentlichen, dieser Anschauung an, welche neuerdings ihren weitgehendsten Ausdruck durch E. Hering erhalten hat, indem dem Doppelorgan ein ideelles Auge, das in der Mitte zwischen den wirklichen Augen liegt, substituirt wird. Durch diese für die Kenntniss der Vorgänge des räumlichen Sehens erfolgreiche Fiction wurde Hering zu dem Princip der gleichmässigen Innervation auf beiden Augen geführt, welches in § 354 a, jedoch ohne Hereinziehen von Annahmen, welche unserem Standpunkt der Projectionstheorie widersprechen, erörtert wurde.

Die Einen betrachten die Identität durch bestimmte organische Einrichtungen von vornherein gegeben, d. h. als angeboren. Andere fassen dieselbe als durch den allmäligen normalen Gebrauch unserer Augen erworben auf; ein mit beiden Augen fixirter Object-

punkt entwirft seine Bilder beiderseits auf die Mitte des gelben Fleckes, d. h. die Stelle des deutlichsten Sehens. Durch anderweitige Erfahrungen, z. B. das Getast, sind wir aber von dem einfachen Vorhandensein des Objects unterrichtet, desshalb müssen die Erregungen beider correspondirenden Netzhautstellen unter diesen Umständen zur einheitlichen Empfindung zusammenfallen.

Gegen die Identitätslehre werden von Wheatstone, Nagel u. A. namentlich folgende Thatsachen angeführt: 1) Die stereoskopischen Projectionen eines Gegenstandes sind verschieden für beide Augen und fallen somit nothwendig auf nicht correspondirende Stellen beider Netzhäute. Gleichwohl werden sie einfach und mit dem Charakter der Körperlichkeit gesehen. Die gleichzeitige Reizung nicht-correspondirender Stellen beider Retinae kann also zur Einheit der Empfindung verschmelzen. 2) Andererseits werden selbst die Bilder correspondirender Netzhautstellen unter Umständen als doppelte in das gemeinsame Sehfeld projicirt. Beweis: beistehende Parallelen *a*—*b* links und *a'*—*c* rechts, haben gleichen Abstand. Fixirt man im Stereoskop die Linien *a* und *a'*, so verschmelzen zum Einfachen *a a'*, dessgleichen *bb'* (letztere Combinationslinie liegt, nach Früherem, hinter der Papierfläche); *c* dagegen erscheint für sich. Also werden *b* und *c* an verschiedenen Orten, d. h. doppelt gesehen, obschon ihre Netzhautbilder auf correspondirende Stellen fallen.

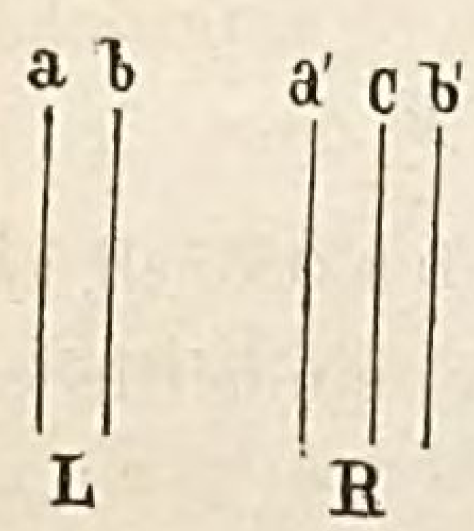


Fig. 123.

Die unter 1. besprochene Thatsache wird von den Anhängern der Identitätstheorie selbstverständlich zugestanden, aber so interpretirt, dass die Bilder gleichwohl Doppelbilder seien, die wir aber nicht unabhängig von einander auffassen können, weil die Vorstellung der Räumlichkeit der Objecte zu sehr dominire. Diese Anschauung läuft, der 414 entwickelten Projectionstheorie gegenüber, doch wohl auf nichts anderes als einen Wortstreit hinaus.

417. Objectbilder correspondirender Netzhautstellen.

Schliesslich untersuchen wir, welche Punkte des Sehfeldes entwerfen ihre Bilder auf correspondirende, welche auf nicht-correspondirende Netzhautstellen. Diese Frage war für die Doctrin von den identischen Stellen beider Netzhäute von besonderer Wichtigkeit; man nannte den Inbegriff aller dieser Punkte Horopter, und glaubte, dass nur das im Horopter Gelegene einfach gesehen werde, während das ausserhalb desselben Gelegene doppelt erscheinen müsse.

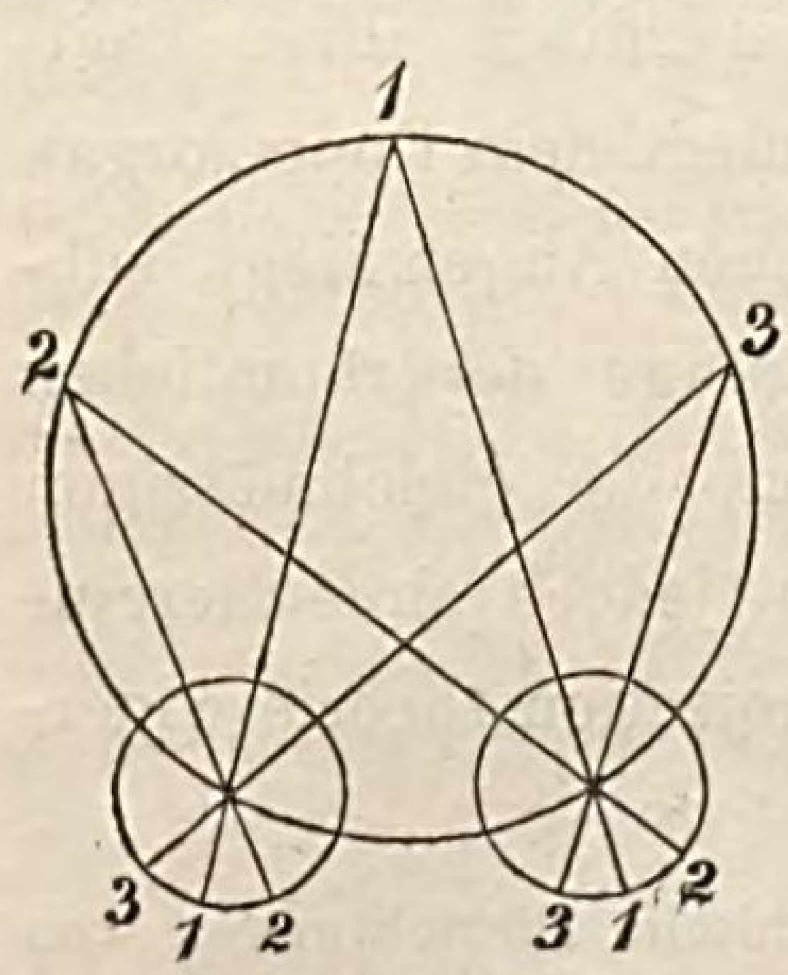


Fig. 124.

Der Horopter wechselt bedeutend in Form und Ausdehnung je nach den Augenstellungen: I. Beim Parallelismus beider Sehaxen sind die Richtungslinien je zweier correspondirenden Netzhautpunkte einander parallel; sie schneiden sich also erst in unendlicher Ferne. Für diese Augenstellung ist demnach der Horopter eine zur Visirebene senkrecht gestellte Ebene. II. Augenconvergenz ohne Raddrehung; wobei also die vertikalen Trennungslinien beider Augen ihren Parallelismus nicht aufgegeben haben (351); wir fragen

hier nicht, ob solche Bewegungen überhaupt möglich sind. Der Horopter ist für diese Fälle 1) eine Kreislinie in welcher der fixirte Punkt und die Knotenpunkte beider Augen liegen und 2) eine durch einen Punkt dieses Kreises senkrecht gezogene Gerade. Bei symmetrischer Convergenz beider Augen liegt der fixirte Punkt in dieser Geraden, bei asymmetrischer Convergenz ausserhalb der Geraden.

Die Nothwendigkeit des Horopterkreises für diesen Fall ergibt Fig. 124, welche einen Durchschnitt beider Augen in deren horizontalen Trennungslinien darstellt. Der fixirte Punkt 1 entwirft seine Retinalbildchen auf die Mitten beider gelben Flecke, d. h. die beiden correspondirenden Netzhautpunkte 1; ebenso fallen die Netzhautbilder von Punkt 2 auf die correspondirenden Stellen 2. Das Gleiche gilt von allen Punkten, z. B. 3, die in einer Kreislinie liegen, welche, ausser dem fixirten Punkt, die Knotenpunkte beider Augen enthält.

III. Symmetrische Augenconvergenz mit Raddrehung (352). Nunmehr haben die vertikalen Trennungslinien beider Augen ihren Parallelismus aufgegeben, doch stehen sie symmetrisch zur Medianebene. Der Horopter ist eine, in der Medianebene durch den Fixirpunkt gezogene gerade Linie von grösserer oder geringerer Neigung zur Visirebene und eine zur Visirebene geneigte Kreislinie, welche einen Punkt dieser Geraden, sowie die Knotenpunkte beider Augen, einschliesst. IV. Bei allen unsymmetrischen, mit Raddrehung verbundenen Augenconvergenzen ist der Horopter keineswegs bloss ein Punkt, wie man früher glaubte, sondern eine Curve von verwickelter Form, (in welcher selbstverständlich der fixirte Punkt liegt); für gewisse Augenstellungen z. B. eine Curve von doppelter Krümmung.

Obigem zufolge schliesst der Horopter in den Fällen II—IV verhältnissmässig wenige Punkte des gemeinsamen Sehfeldes in sich ein; desshalb könnte er höchstens für die sub I betrachteten Augenstellungen von Bedeutung werden.

Eine einfache geometrische Methode der Bestimmung des Horopter's hat Hering angegeben. Man legt durch die parallel gestellten Augen 2 Systeme von Ebenen: 1) die Ebenen des ersten Systems (sog. Querschnitte) schneiden sich in derjenigen horizontalen Linie, welche die Knotenpunkte beider Augen verbindet; 2) die Ebenen des zweiten Systems (sog. Längsschnitte) werden in jedem Auge, senkrecht zur horizontalen Trennungslinie der Retina, durch den Knotenpunkt gelegt; sie schneiden sich somit in dieser Augenstellung in einer, durch den Knotenpunkt senkrecht gezogenen Geraden. Jeder einzelne von den unendlich vielen Querschnitten beider Augen enthält somit eine Anzahl Punkte, von denen je 2 in beiden Augen einander correspondiren; solche Querschnitte heissen correspondirende. Dasselbe gilt bezüglich der Längsschnitte. Bei der Primärstellung fallen jeweils correspondirende Querschnitte beider Augen in dieselbe Ebene und die correspondirenden Längsschnitte sind einander parallel. Beides ist aber nicht mehr der Fall, wenn das Auge die Primärstellung verlässt; die correspondirenden Schnitte beider Systeme schneiden sich nunmehr in einer geraden Linie; alle diese geraden Durchschnittslinien der Querschnitte setzen dann eine irgendwie gestaltete Fläche, z. B. von Cylinder-, Kegelform u. s. w. zusammen. Dasselbe gilt von den Längsschnitten. Beide Flächen schneiden sich wiederum in einer Linie, welche dem Horopter der fraglichen Augenstellung entspricht. Bei symmetrischer Convergenz beider Augen (Fall II oben) liegen die Querschnitte, welche die horizontalen Trennungslinien einschliessen, in der Visirebene; die übrigen correspondirenden Querschnitte schneiden sich in der Medianebene. Die Durchschnittslinien der Längsschnitte stellen einen Cylindermantel dar, der auf der Visirebene senkrecht steht und in welchem beide Knotenpunkte liegen, d. h. man hat als Horopter den oben erwähnten Kreis und die, zu letzterem, Gerade.

418. Doppeltsehen beim Schielen.

Nach Obigem sind Doppelbilder unvermeidlich verbunden mit dem normalen binocularen Sehen, bei welchem aber unter allen Umständen mindestens der von beiden Augen fixirte Punkt einfach erscheint. Schneiden sich dagegen die Sehlinien nicht in dem betrachteten Object, d. h. findet Schielen statt, so ist das ganze Sehfeld des einen Auges verschoben und Alles, selbst das fixirte Object, erscheint doppelt.

Zur Bestimmung der Richtung des Doppelbildes beim kranken Doppeltsehen benützt Gräfe eine grosse Tafel, die in viele numerirte Quadrate getheilt ist. Die Gesichtsfläche des Kranken ist parallel mit der, möglichst weit abstehenden Tafel. Ein Licht wird vom Centrum der Tafel allmälig nach rechts, links, oben und unten bewegt und der Kranke hat für jede Stellung des Lichtes das Quadrat anzugeben, in welches das Doppelbild fällt.

Aus der Lage des Doppelbildes wird die entsprechende Augenstellung nach § 371 gefunden; die scheinbare Distanz beider Bilder verhält sich zur Excentricität des Netzhautbildchens im kranken Auge, wie sich verhält die Entfernung der Tafel vom Knotenpunkt zur Entfernung dieses letzteren Punktes von der Netzhaut.

Binoculare Doppelbilder, welche denen des krankhaften Schielen's analog sind, erzeugt man durch Verschiebung eines Auges mittelst des Fingerdruckes oder durch Vorhalten eines Prisma's vor ein Auge. Erscheinen die Doppelbilder in verschiedener Höhe, so ist das tieferstehende das nähere und oft auch das entschieden kleinere (Gräfe). Die Erklärung der Erscheinung dürfte darin zu suchen sein, dass uns, wenn wir einer senkrechten Ebene mit horizontal gerichteten Sehlinien gegenüberstehen, die unterhalb der Sehlinie liegenden Punkte näher zu liegen scheinen, als die nach aufwärts gelegenen; eine natürliche Folge unserer Erfahrung, dass Gegenstände, die wir mit gesenktem Blick wahrnehmen, im Allgemeinen auch die näher liegenden sind.

419. Vollständige Ungleichheit beider Sehfelder.

Das Bisherige galt ausschliesslich dem binocularen Sehen eines und desselben Gegenstandes; beide Sehfelder hatten also einen zusammengehörigen und zudem nur wenig verschiedenen Inhalt. Bringt man aber im Stereoskop zwei ganz verschiedene Zeichnungen zur Vereinigung (Bedingungen, die beim gewöhnlichen Sehen niemals vorkommen), so sind folgende Fälle möglich: 1) Beide Netzhautbilder projiciren sich flächenhaft neben einander, z. B. das für das linke Auge gezeichnete Haus steht neben dem Baum, den das rechte betrachtet. Die Umrisse beider Netzhautbilder werden also, einfach und unverändert, mosaikartig eingetragen in das gemeinsame Sehfeld. 2) Beide Netzhautbilder verschmelzen zu einem Ganzen mit Tiefendimension, z. B. die Hälften einer zusammengehörigen geometrischen Figur. Beide Hälften geben ein Sammelbild, das viel körperlicher erscheint als eine perspektivische Zeichnung des Ganzen. Die Bedingungen zur stereometrischen Auffassung sind hier, wie nicht näher ausgeführt werden kann, wenigstens theilweis erfüllt. 3) Von

jedem Netzhautbild z. B. zwei verschiedenen Buchstaben erscheinen bloss Bruchstücke, man sieht dann ein unregelmässiges verwirrendes Ganze. 4) Beide Netzhautbilder erscheinen wiederholt abwechselnd: der sog. Wettstreit der Sehfelder. Beide letzteren Fälle ereignen sich besonders dann, wenn die Zeichnungen sich kreuzen im gemeinsamen Sehfeld. In allen Fällen aber gilt als Grundnorm: die Contouren des einen Sehfeldes wiegen vor über gleichmässige Grundfärbungen des anderen (Panum).

E. Farbenempfindungen.

420. Optisch einfache Farben.

Das Sonnenlicht besteht aus Strahlen von verschiedener Brechbarkeit, in welche es durch prismatische Medien zerlegt werden kann. Das Sonnenspectrum, welches auf einem weissen Schirm aufgefangen werden kann, zeigt als Hauptfarben: Roth, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigblau, Violett (s. Fig. 5. A, § 13). Die rothen Strahlen sind am Wenigsten, die violetten am Stärksten brechbar. Vom Roth bis zum Violett wachsen allmälig die Schwingungszahlen des Lichtäthers, wogegen die Wellenlänge immer mehr abnimmt. Das äusserste Roth macht 481, das äusserste Violett 764 Billionen Schwingungen in der Sekunde. Lichtstrahlen von bestimmter Brechbarkeit, mit anderen Worten: Schwingungen des sog. Lichtäthers von bestimmter Häufigkeit und Wellenlänge, erregen also in uns die Empfindung bestimmter Farben. Die Spectralfarben können nicht weiter zerlegt werden; sie heissen desshalb optisch-einfache oder homogene Farben.

Unsichtbares Licht. Das optische Spectrum schliesst keineswegs die Gesammtheit aller »Lichtstrahlen« in sich ein. Jenseits des äussersten Violett des gewöhnlichen Spectrums erscheint uns der Raum zwar dunkel, gleichwohl aber sind dort kräftige chemische Wirkungen möglich; auch verlängert sich das sichtbare Spectrum, als ultraviolettes, bedeutend, wenn man ein Prisma von Bergkrystall zu seiner Darstellung benützt, welcher diese höchst brechbaren Strahlen in gehöriger Menge noch durchlässt, während dieselben von den gewöhnlichen Glasprismen ausgelöscht werden. Hält man mittelst eines Schirmes die übrigen Spectralfarben ab, so erscheinen die ultravioletten Strahlen, für welche die Netzhaut wenig erregbar zu sein scheint, als weisslichblaues Licht. Beim Durchgang des ultravioletten Lichtes durch sog. fluorescirende Substanzen, z. B. Uranglas, werden die letzteren selbstleuchtend und machen alsdann einen stärkeren Eindruck. Die Netzhaut selbst besitzt ebenfalls fluorescirende Eigenschaften (Setschenow). Der dunkle Raum jenseits des Roth zeigt noch thermometrisch nachweisbare Wärmewirkungen. Diese »dunkelen Wärmestrahlen« sind von geringerer Brechbarkeit als die uns noch sichtbaren des äussersten Roth; ob ihre Nichtsichtbarkeit davon herrührt, dass sie von den Augenmedien absorbirt werden, also nicht zur Netzhaut gelangen, oder von der Unfähigkeit der Netzhaut durch Lichtschwingungen von einer gewissen Langsamkeit noch erregt werden zu können, ist noch nicht endgültig entschieden.

421. Optisch zusammengesetzte Farben.

Treffen zwei optisch einfache Farben dieselbe Netzhautstelle, so haben wir die Empfindung einer Mittelfarbe. Hierbei gelten folgende Regeln: Ge-

wisse Combinationen von je 2 Spectralfarben führen zu Weiss, und zwar nach Grassmann und Helmholtz: Roth und Grünblau — Orange und Blau — Gelb und Indigblau — Grünlichgelb und Violett. Zwei Farben, die zusammen Weiss geben, heissen complementäre. Trägt man auf die Kreislinie, Fig. 125 die spectralen Farben so auf, dass je 2 complementäre einander gegenüberstehen, so entspricht jeder Punkt der Kreislinie einem bestimmten Farbenton, das Centrum aber dem Weiss; geht man von irgend einem Punkt des Kreisumfanges, z. B. Blau, durch eine Gerade zum Centrum, so liegen auf dieser Linie der Reihe nach immer weniger gesättigte Farben bis zu einem kaum noch bläulichen Weiss.

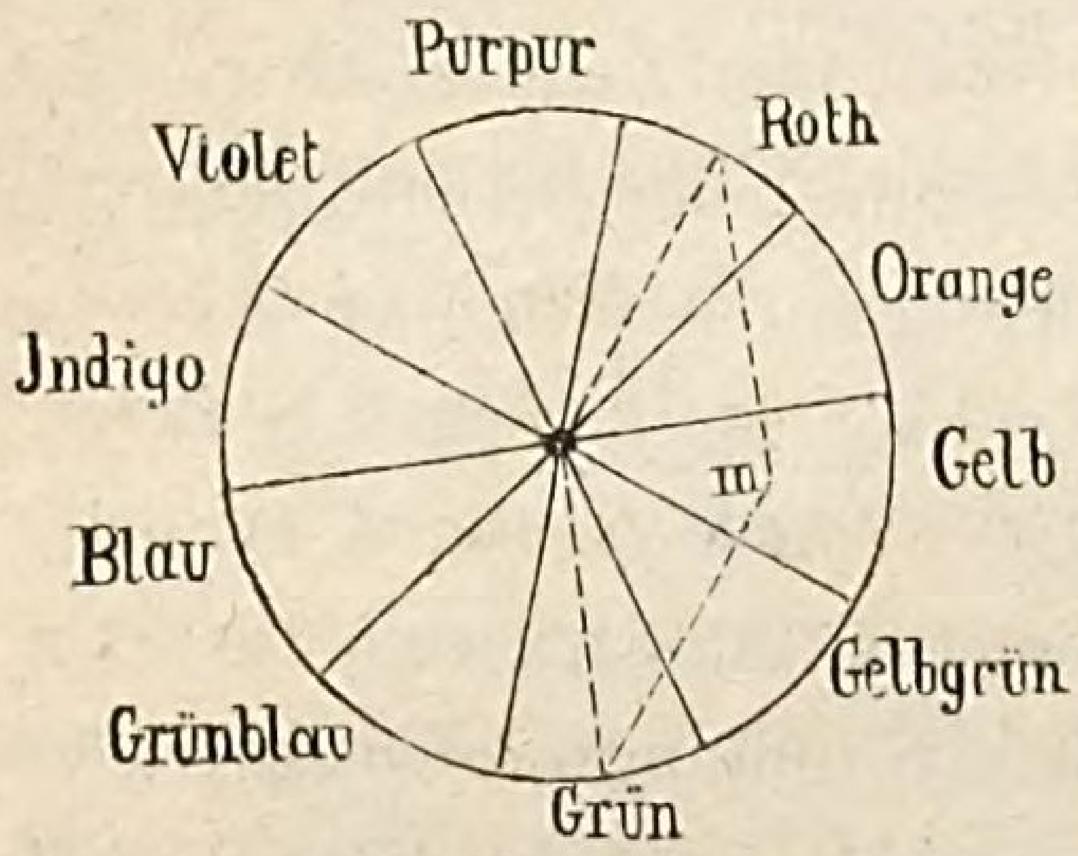


Fig. 125.

Obige Construction sieht ab von den sehr verschiedenen Intensitäten und Sättigungsgraden der einzelnen Spectralfarben. Die Intensitätsverschiedenheiten sind bekannt, nicht aber die Sättigungsgrade; desshalb wählen wir die einfachste Construction der Farbentafel, wie sie schon Newton gegeben hat. Purpur, eine neue, im Spectrum nicht auftretende Farbe, wird in unserer Figur dem Grün gegenüber, zu welchem sie complementär ist, eingezeichnet.

Zur Bestimmung der Mischfarben zweier beliebiger einfachen Farben (deren jede durch einen entsprechenden Radius ausgedrückt wird) zieht man die Diagonale des Parallelogrammes, welches die beiden Radien zu Seiten hat; die Richtung der Diagonale gibt alsdann den Ton, ihre Länge die Sättigung der Mischfarbe annähernd an. Roth und Grün z. B. (s. die punktirten Linien der Figur 125) geben zusammen im Punkt *m* Weisslichgelb. Die Figur führt auf folgende Regeln: I) Mischt man 2 Farben, die einander im Spectrum näher stehen als die complementären, so erhält man eine der zwischenliegenden Farben. Die Mischung zieht um so mehr in's Weissliche, je grösser der Abstand der gemischten Farben; sie wird dagegen um so gesättigter, je näher die beiden spectralen Farben einander stehen. II) Mischt man 2 Farben, die im Spectrum weiter von einander entfernt sind als die complementären, so erhält man entweder Purpur (diess durch Mischung von Roth und Violett) oder eine Farbe, die zwischen einer der gemischten Farben und dem entsprechenden Ende des Spectrum's liegt; z. B. Roth und Blau geben weisslich Violett oder weisslich Purpur (Rosa).

Es kann also nicht bloss dasselbe Weiss durch verschiedene Paare complementärer Farben, sondern auch jedwede Farbe (in der Regel) durch verschiedene Paare einfacher Farben erzeugt werden; wir erkennen aber ohne instrumentale Beihülfe nicht, welche einfache Farben in einer zusammengesetzten enthalten sind.

Werden drei oder viele optisch einfache Farben mit einander gemischt, so entstehen keine neuen, sondern nur solche Mischfarben, die auch aus 2 einfachen erhalten werden können; z. B. Roth, Grün und Blau geben ein weissliches Blaugrün. Sämmtliche einfachen Strahlen in der Mischung, wie sie das Sonnenlicht enthält, geben Weiss.

Verschiedenfarbiges Licht mischt man nach Lambert in folgender Weise. Auf einem schwarzen Papier *p*, Fig. 126, steht die Glasplatte *g*. Das Auge *a* erblickt das durchgelassene Licht der Farbe *b*, sowie das von der Platte reflektirte der Farbe *c*. Beide Bilder decken sich auf der Netzhaut und veranlassen eine Mischfarbe. Zur Mischung beliebig vieler Farben dient am Besten der Farbenkreisel (424).

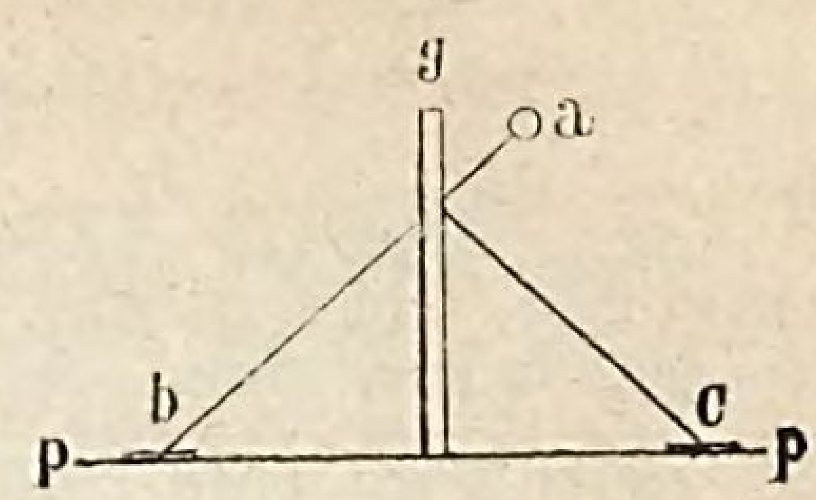


Fig. 126.

422. Grundformen der Farbenempfindungen.

An jedem Licht- und Farbeneindruck lassen sich drei Empfindungsformen unterscheiden, die von bestimmten, mathematisch ausdrückbaren Zuständen des objectiven Lichtes abhängen. I) Die Haupteigenschaft, der Farbenton, wird von der Wellenlänge (Schwingungszahl) des oscillirenden Lichtäthers bedingt; einander nahe stehende Schwingungszahlen machen auf uns den Eindruck verwandter Farbentöne. Durchlaufen wir desshalb mit dem Blick das Spectrum vom äussersten Roth an, so reihen sich die Empfindungszustände an einander an und wir haben deutlich das Gefühl eines gewissen Fortganges, ja es schliesst sich sogar der Eindruck des äussersten Violettes (durch das Mittelglied des Purpur) wieder an den des äussersten Rothes. II) Sättigung (Lebhaftigkeit) der Farben. Die »gesättigten« bieten die geringste Aehnlichkeit mit Weiss; zu ihnen gehört ausser den spectralen Farben noch das Purpur. Werden letztere mit weissem farblosem Licht gemischt, so erscheinen sie weniger gesättigt; je nach der Menge des beigemischten weissen Lichtes bietet jede Farbe alle Stufen von Uebergängen ins Weissliche (Blasse, Matte) dar. Manche derselben bezeichnen wir mit eigenen Namen, z. B. weissliches Roth als Fleischfarbe, weissliches Blau als himmelblau. III) Endlich unterscheidet das Auge am Weiss wie an jedem Farbenton die Intensität (Lichtstärke); dieselbe hängt von der Schwingungsexcursion ab und ist bei einfachem Licht proportional dem Quadrat der grössten Geschwindigkeit der Aethertheilchen. Jede gesättigte Farbe bietet durch allmälige Abnahme der Lichtmenge alle Uebergänge in's Dunkele; manche derselben führen besondere Namen, z. B. lichtschwaches Gelb heisst Braun, lichtschwaches Grün Olivengrün. Lichtarmes Weiss ist Grau. Ueberschreitet dagegen die Lichtstärke eine obere Grenze, so haben wir nicht mehr die Empfindung einer bestimmten Farbe, sondern die des Weisslichen.

Ein gemischtes Licht ist objectiv charakterisirt durch die Angabe, wieviel Licht von jeder Wellenlänge in der Mischung enthalten ist. Das gemischte Licht kann unter Umständen unendlich viele Strahlen verschiedenartigen Lichtes enthalten, immer aber ist der Eindruck, welchen dasselbe auf unser Auge macht, zurückzuführen auf die eben erörterten 3 Momente, d. h. die Menge Weiss und die Menge und Wellenlänge einer Spectralfarbe; mit andern Worten: jedweder Licht- (Farben-) Eindruck ist hervorzurufen durch eine gewisse Menge einer bestimmten gesättigten Farbe, (d. h. derjenigen, welche den Farbenton angibt) mit einer gewissen Menge Weiss (Grassmann).

423. Farbenunterscheidung.

Pigmentfarben erfordern eine gewisse Stärke der Beleuchtung; im Halbdunkel verschwinden die Farbentöne; nimmt das Licht zu, so werden rothe und gelbe Pigmente früher sichtbar als blaue (Aubert). Andererseits werden die Farbentöne wiederum undeutlicher, wenn die Beleuchtung hell und blendend wird; bei sehr grellem Licht erscheinen die Einzelfarben fast weisslich.

Einzelne mit entwickeltem Farbensinn unterscheiden eine Anzahl von Nuancen derselben Farbe, z. B. von Blau, welche auf die Mehrzahl der Menschen keine merklich verschiedenen Eindrücke machen. Andere erkennen selbst sehr ungleiche Farbentöne nicht (sog. Farbenblindheit). Am häufigsten ist Rothblindheit (sog. Daltonismus); die mit dem höchsten Grade dieses Uebels Behafteten kennen im Spectrum nur zwei Farben; Grün nennen sie meistens alles vom Roth bis zum Grün, den Rest bezeichnen sie als Blau.

Die Farbenblindheit wird, nach Maxwell am Anschaulichsten erklärt, wenn man ausgeht von der Hypothese Thomas Young's, welcher specifisch verschiedene (etwa dreierlei) Arten von Netzhautfasern annahm. Die einen würden von den längsten, die andern von den mittleren, die dritten von den kürzesten Aetherwellen vorzugsweis erregt; kurz ausgedrückt: es gibt roth- grün- violettempfindende (oder leitende) Nervenfasern. Die dazwischenliegenden Lichtwellen würden je 2 Faserarten vorzugsweis erregen. Roth reizt die rothempfindenden Fasern stark, die grünempfindenden schwächer, die violettempfindenden am wenigsten. Wenn z. B. die rothempfindenden Fasern fehlen oder functionsuntüchtig sind, so wird rothes Licht die grünempfindenden Fasern schwach, die violettempfindenden am wenigsten erregen; die Empfindung muss also schwach grünlich, oder falls die Nervenerregung gering ist, grau sein. Blau wird dagegen dieselbe Empfindung wie in der Norm hervorrufen, da objectives Blau normaliter die rothempfindenden Fasern wenig erregt.

Die deutlichsten Farbenempfindungen vermittelt der gelbe Fleck der Netzhaut. Die Farben der seitlicheren Sehfeldsobjecte nehmen an Lebhaftigkeit ab, ja bei einem gewissen Winkelabstand des farbigen Objectes von der Sehlinie verschwindet für uns dessen Farbe gänzlich und dasselbe erscheint bloss hell, wenn es auf schwarzem Grunde, oder dunkel, wenn es auf weissem Grunde gesehen wird (Aubert). Nach Schelske findet dagegen in der seitlichen Netzhaut ein qualitativer Unterschied statt, indem eine gewisse Zone rothblind ist, andere Farbenempfindungen aber noch vermittelt.

424. Primäre Nachbilder.

Betrachtet man einen Augenblick ein nicht zu lichtschwaches Object, so verschwindet die Netzhauterregung, auch nach Schliessung der Augen oder Entfernung des Objectes, nicht sogleich; die Empfindung dauert ein Weilchen fort, d. h. der Gegenstand hinterlässt im Auge ein sog. Nachbild. Die hellen Theile des Objectes erscheinen hell, die dunkelen dunkel, daher der Name po-

sitive Nachbilder, gegenüber den negativen (425), die sich umgekehrt verhalten. Die Empfindungen bewahren ihre ursprünglichen Farbenqualitäten; daher auch die Bezeichnung primäre Nachbilder im Gegensatz zu den secundären (425). Diese Nachwirkungen können $^1/_4$—$^1/_2$ Sekunde anhalten. Die stärksten und deutlichsten Nachbilder verschaffen etwa $^1/_8$ Sekunde dauernde Lichteindrücke; wirken letztere etwas länger, so nimmt die Deutlichkeit rasch ab.

Werden verschiedene Farben in schnellem Wechsel dem Auge vorgeführt, so haben wir den continuirlichen Eindruck einer einzigen, d. h. einer Mischfarbe, weil die neue Sensation sich einstellt, ehe die vorhergegangene abgeklungen ist. Am Besten wählt man hiezu den sog. Farbenkreisel, eine runde mit farbigen Sectoren versehene Scheibe, welche schnell um ihren Mittelpunkt rotirt.

Trägt man auf eine schwarze runde Scheibe einen Quadranten von irgend einer Farbe auf, so erscheint, von einer gewissen Umdrehungsgeschwindigkeit (etwa eine Drehung auf $^1/_3$ Sekunde) an, die ganze Scheibe mit der lichtschwachen Farbe des Sectors gleichmässig überzogen; die Nachdauer des Netzhauteindruckes währt also 3 Viertheile einer Umlaufzeit, d. h. $^1/_4$ Sekunde. Der Apparat dient auch zu Versuchen über Mischfarben; entsprechen die Sectoren den Hauptfarben des Spectrums, so kann man sogar ein befriedigendes Weiss erhalten. Maxwell benützt einfarbige Scheiben mit einem von der Mitte bis zum Centrum radial verlaufenden Schlitz. Die Scheiben können in einander gesteckt und dadurch farbige Sectoren von beliebiger, schnell abzuändernder, Breite hergestellt werden. Zur Vergleichung zweier Farbenmischungen dienen Systeme grosser und kleiner farbiger Scheiben, die man auf dieselbe Drehaxe concentrisch befestigt.

Die Nachbilder führen zu mancherlei Täuschungen über Gestalt und Bewegung der Objecte. Eine im Dunkel schnell im Kreis herumbewegte feurige Kohle macht den Eindruck einer feurigen Kreislinie; die Rakete, der Blitz, die Sternschnuppe bedingen ebenfalls eine continuirliche Empfindung. Zeichnet man einige Punkte in gleichen Abständen neben einander und bewegt man einen mit einem Spalt versehenen Papierstreifen schnell über die Punkte, so sieht man diese nicht mehr nach einander, sondern neben einander. Auf der Nachdauer des Netzhauteindruckes beruhen folgende Vorrichtungen: 1) Das sog. Thaumatrop: Man zeichnet auf jede Seite einer Scheibe ein Bild; beide Bilder vereinigen sich, wenn die Scheibe schnell gedreht wird, zu einem Ganzen. 2) Die bekannte stroboskopische Scheibe (Stampfer), deren nähere Beschreibung hier unterbleibt. Man zeichnet einen Gegenstand mehrmals auf den Umfang eines Kreises und zwar in verschiedenen Einzelphasen einer Gesammtbewegung, z. B. springende Menschen. Werden diese Bilder mit einer gewissen Geschwindigkeit am Auge vorbeibewegt, so nimmt man nur einen, aber in continuirlicher Bewegung begriffenen Gegenstand wahr. 3) Anorthoskop von Plateau: Ein auf einer durchsichtigen Scheibe schnell rotirendes und nach der Rotationsrichtung hin verzerrt gezeichnetes Bild wird als regelmässig erblickt, wenn gleichzeitig vor demselben eine andere dunkle Scheibe mit einer (oder mehreren) radiären Spalte in entgegengesetzter Richtung rotirt. Bei den gewöhnlichen Apparaten dreht sich

die durchsichtige Scheibe 4mal schneller, als die dunkele; und man hat 5 concentrische, regelmässige Bilder. Umgekehrt rücken die Punkte einer regelmässigen Figur in der Richtung der Bewegung näher zusammen, sodass die Figur verschmälert erscheint.

425. Secundäre Nachbilder.

Betrachtet man anhaltend einen weissen Fleck auf grauem Grund und entfernt sodann das Weiss, ohne die Blickrichtung zu ändern, so entsteht ein dunkeles Nachbild des Weiss. Ein schwarzer Fleck gibt unter gleichen Verhältnissen ein helles Nachbild. Die längere Einwirkung des Grau hat die Netzhaut ermüdet, wesshalb der graue Grund dunkler erscheint als anfangs. Stärker ermüdet ist aber die von Weiss getroffene Netzhautstelle; dieselbe wird durch das Grau des Grundes nur wenig erregt, man hat also ein sehr lichtarmes (vergleichsweise schwarzes) Nachbild des Weiss. Der schwarze Fleck hat die Netzhaut geschont; das Grau erregt also die von Schwarz nur wenig afficirten Netzhautstellen stark und man erhält ein helles (vergleichsweise weisses) Nachbild des Schwarz.

Nach Obigem stumpft ein Lichteindruck die Netzhaut schnell ab; desshalb verschwinden im Halbdunkel schwerer erkennbare Gegenstände, beim anhaltenden Fixiren, bald vollständig.

Die eben geschilderten Nachbilder nimmt man auch wahr bei vollkommenem Augenverschluss. Das dunkle Gesichtsfeld, das man unter diesen Umständen hat, ist nicht absolut dunkel, weil innere Reize den nervösen Sehapparat in einen gewissen Erregungszustand versetzen, also eine schwache subjective Lichtempfindung veranlassen. Objectives Schwarz macht ein Nachbild, das heller ist, objectives Weiss ein solches, das dunkler ist, als das übrige dunkele Gesichtsfeld. Die Empfindlichkeit der Netzhaut für jene inneren Reize ist also an den früher vom objectiven Weiss afficirten Bezirken geringer, als auf den Stellen, die vom Grau getroffen waren.

Betrachtet man ein farbiges Object länger, so verliert die Farbe die frühere Lebhaftigkeit; richtet man nun das Auge auf eine weisse oder schwarze Fläche, so erscheint das Nachbild des Objectes in dessen complementärer Farbe; z. B. Roth gibt ein blaugrünes Nachbild. Diese Nachbilder heissen secundäre. Objective Farben werden in diesem Retinalzustande anders als gewöhnlich empfunden, daher bezeichnet man die betreffenden, von Scherffer, Plateau, Fechner und Brücke untersuchten Wahrnehmungen als subjective, physiologische oder accidentelle Farben.

Fortgesetztes Betrachten einer Farbe ermüdet also die Netzhaut und stumpft sie ab, vorzugsweise für die primäre Farbe. 1) Wird nun das Auge sich selbst überlassen, d. h. alles Licht abgehalten, so sieht man die Complementärfarbe. Hat man z. B. Roth betrachtet, so sind die rothempfindenden Fasern für die

inneren Reize des nervösen Sehapparates abgestumpft, nicht aber die grün- und violettempfindenden Fasern; man hat also ein blaugrünes secundäres Nachbild. 2) Betrachtet man (nach Roth) Weiss von mässiger Helligkeit, so erscheint die complementäre Farbe, Blaugrün, noch lebhafter, weil die im Weiss enthaltenen Strahlen wiederum nur die grün- und violettempfindenden Fasern erregen. 3) Blickt man auf die Complementärfarbe selbst, so erscheint diese dem ohnediess in dieser complementären Farbenstimmung befindlichen Auge ungewöhnlich gesättigt. 4) Wendet man das Auge auf die primär betrachtete Farbe, für welche die Retina die Empfindlichkeit momentan verloren hat, so vermag diese nur eine lichtschwache Empfindung auszulösen, d. h. man sieht eine Art Grau. 5) Blickt man auf irgend eine andere Farbe, so combinirt sich diese mit der vorhandenen subjectiven Farbenstimmung. Hat z. B. Blaugrün das Auge in die Farbenstimmung Roth versetzt, so erscheint objectives Gelb als orange, objectives Blau als violett u. s. w.

Die secundären Nachbilder verändern, wie die primären, ihren Ort mit den Augenbewegungen und werden zunehmend grösser, mit zunehmendem Abstand der Fläche, auf die sie projicirt werden. Ihre Stärke und Dauer nimmt zu mit zunehmender Heftigkeit und Dauer des primären Eindruckes. Die Nachbilder verschwinden übrigens weder plötzlich, noch durch successives Erblassen, sondern unter mannigfaltigem Farbenwechsel: sog. Abklingen der Nachbilder.

426. Contrastwirkungen.

I. Farbencontraste (Chevreul, Brücke). Zwei Farben neben einander bedingen jede etwas andere Eindrücke, als wenn wir sie einzeln für sich betrachten, und zwar ruft (im Allgemeinen) ein Farbeneindruck in seiner nächsten Umgebung den Eindruck der Complementärfarbe hervor. Desshalb bekommt ein weisses, graues oder schwarzes schmales Object auf breitem farbigen Grunde einen deutlichen Anflug der complementären Farbe dieses Grundes. Auch folgt weiter, dass complementäre Farben, neben einander gestellt, uns lebhafter und gesättigter erscheinen.

Die sog. farbigen Schatten gehören ebenfalls hieher. Wird ein Blatt weissen Papiers zugleich vom diffusen Tages- und einem Kerzenlicht beleuchtet, so gibt ein vor das Papier gehaltener Stab zwei Schatten. Der vom röthlichen Kerzenlicht beleuchtete Schatten des Tageslichts erscheint objectiv richtig gefärbt, d. h. rothgelb; dagegen der bloss vom Tageslicht beleuchtete Schatten des Kerzenlichtes nicht lichtschwach weiss, d. h. grau, sondern blaugrün, also complementär zum Röthlichweiss der Papierfläche. Wir halten nämlich das mit Roth gemischte Weiss dieser Fläche für ein wirkliches Weiss, also den bloss vom Weiss getroffenen Kerzenschatten für blaugrün. Betrachtet man den Kerzenschatten durch eine, innen geschwärzte, den übrigen Grund verdeckende Röhre, so erscheint der Schatten in der That lichtschwach Weiss, d. h. Grau. Hält man ein farbiges Glas so vor ein weisses Papier gehalten, dass letzteres gefärbt erscheint und vor das Papier einen schmalen schattengebenden Körper, so nimmt der (bloss von diffusem Tageslicht getroffene) Schatten die complementäre Farbe der Umgebung an. Bewegung des schattengebenden Körpers ist vortheilhaft.

II. Contraste der Lichtstärken. Jeder Sehfeldsbezirk sieht neben einem helleren dunkler und neben einem dunkleren heller aus. Ausserdem erscheinen uns hell erleuchtete Gegenstände grösser im dunkeln Raum, sowie

umgekehrt dunkle Körper kleiner auf erleuchteter Fläche (sog. Irradiation); ein heller Lichtpunkt erscheint uns nicht rund, sondern sternförmig oder kreuzförmig; die Sterne sind in der Nacht grösser als in der Dämmerung; die helle Mondsichel erblicken wir als einen Theil einer grösseren Kreisfläche als die übrigen, nur schwach erleuchteten Parthieen der Mondscheibe. Diese scheinbare Vergrösserung ist viel bedeutender bei unzureichender Accommodation, wegen der starken Zerstreuungskreise der Retinalbilder, sie fehlt aber auch bei vollkommener Accommodation keineswegs. Die Farbenzerstreuung in den brechenden Medien (433) bedingt bei hellen Objecten eine kleine Vergrösserung der Netzhautbildchen, aber andererseits greift auch die Dunkelheit über den Rand des Bildes, sodass die objective Lichtstärke des Bildes am Rande geringer ist. Die Irradiation kann somit durch die objective Helligkeit des Retinalbildes nicht erklärt werden (Helmholtz); sie ist vorzugsweis eine Contrasterscheinung, welche den weniger hellen Rand der Netzhautbildchen neben den umgebenden dunkelen Parthien lebhafter erscheinen lässt.

Auch die Richtung unserer Aufmerksamkeit auf einen Gegenstand scheint zur Vergrösserung derselben beitragen zu können, indem — ganz im Gegensatz zu den eben betrachteten Irradiationsbedingungen — ein dunkler Punkt oder schwarzer Faden auf weisser Fläche unter Umständen etwas grösser erscheint (Volkmann).

427. Verschiedene Farben beider Sehfelder.

Betrachtet jedes Auge eine besondere Farbe, so dass beide Farben im gemeinsamen Sehfeld zur Deckung kommen (am besten bedient man sich auch hierzu des Stereoskopes), so sind folgende Fälle möglich: 1) Die eine Farbe verdrängt die andere. Sind in *I* Fig. 127 beide Sehfelder von gleicher Farbe und liegt in dem einen Sehfeld ein anderes farbiges Viereck (am besten von der Complementärfarbe des Grundes), so sieht man im Sammelbild *S* das Viereck in seiner Farbe auf dem gemeinsamen Grund. Die Farbe des Vierecks ist scheinbar ungeschwächt, stellt man jedoch zur Vergleichung die Anordnung *II* gegenüber und bringt 2 gleichfarbige Vierecke beider Sehfelder zur Deckung, so erscheint das Viereck des Sammelbildes lebhafter gefärbt als in *I*. 2) Beide Farben verbinden sich deutlich zu einer Mischfarbe (Haldat, Dove, Brücke). Die oft angezweifelte Sensation der Mischfarbe (*III* Fig. 127) tritt wohl für Jeden überzeugend ein, wenn man die beiden primären Farben zur Vergleichung daneben stellt. 3) Zwischen 1 und 2 finden alle möglichen Uebergänge statt, d. h. man erhält im gemeinsamen Sehfeld keine neutrale Farbenmischung, sondern die Farbe des einen Auges waltet mehr oder weniger vor. 4) Der sog. Wettstreit der Sehfelder, d. h. beide Farben (namentlich wenn sie lichtstark sind, Panum) tauchen abwechselnd auf im gemeinsamen Sehfeld.

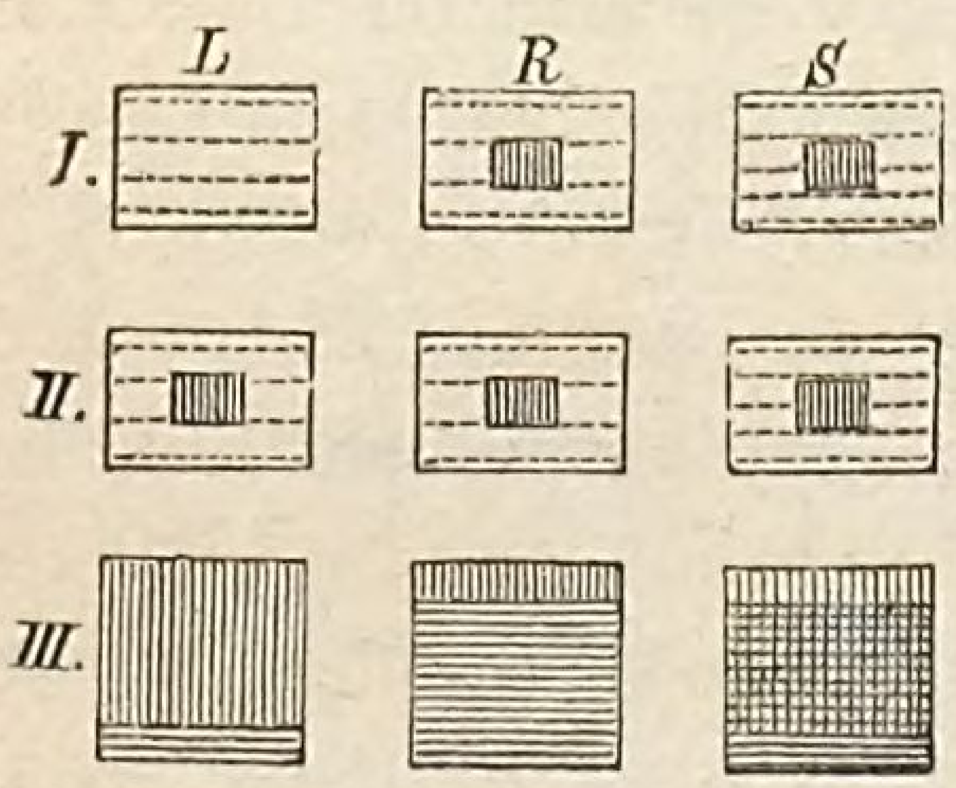


Fig. 127.

Die durch die Farben gesetzten Erregungszustände können also einzeln dem Gehirn zugeführt werden, um dort zur resultirenden Empfindung zu verschmelzen.

Wie sehr Farbenempfindungen, die durch ein Auge vermittelt werden, auch auf das andere wirken können, beweist folgender Versuch Fechner's. Sieht man mit dem Auge *a* durch ein gefärbtes (am Besten blaues) Glas gegen den Himmel, während Auge *b* entweder geschlossen bleibt oder ohne Farbenglas den Himmel (oder Weiss) betrachtet, so wird *a* zu Nachbildern disponirt von der zum Farbenglas complementären Farbe, *b* dagegen zu Nachbildern von gleicher Farbe wie das Farbenglas. Die durch eine Farbe direkt gereizte Netzhaut, sammt ihrem Centralapparat, kommt nämlich in stärkere Affektion, als der nervöse Apparat des andern Auges; letzteres zeigt desshalb bloss gleichfarbige (primäre) Nachbilder. Man kann daher auch nach monocularem Betrachten einer Farbe ein starkes complementäres Nachbild erhalten in einer Periode, wo das geschlossen gebliebene Auge noch keine Spur eines primären Nachbildes vermittelt.

428. Empfindung des Glanzes.

Wir nennen eine Fläche spiegelnd, wenn sie durch Reflex ein solches Bild der Gegenstände entwirft, dass wir die Fläche selbst über der Betrachtung der Spiegelbilder vernachlässigen. Macht dagegen ausser den, von einer Fläche entworfenen, Spiegelbildern, die Fläche selbst einen merklichen Eindruck, so heissen wir diese glänzend; dabei überwiegt bald die eine, bald die andere Empfindung.

Undeutliche Spiegelung geht demnach leicht über in Glanz. Eine gewöhnliche Fläche kann glänzend gemacht werden, wenn sie mit einer, oder mehreren, dünnen spiegelnden Schichten überzogen wird, durch welche die Fläche durchscheint. Der natürliche Glanz der Körper hängt von einer ähnlichen Eigenschaft ihrer Oberfläche ab.

Dem Gesagten zufolge muss sich mittelst zweier nichtglänzenden Flächen der Effekt des Glanzes immer dann erhalten lassen, wenn man zur Anschauung gezwungen ist, dass die eine in der andern sich spiegelt. Die bemerkenswerthesten Versuchsbedingungen sind nach Dove und Wundt folgende: 1) Betrachtet das Auge *a*, nach dem in Fig. 126, § 421 dargestellten Verfahren die verschiedenfarbigen Papierstückchen *b* und *c*, deren jedes auf einem andersfarbigen, gehörig contrastirenden Grund liegt, so erscheinen sie glänzend, wenn ihre Netzhautbilder sich decken. Man sieht dabei nicht sowohl eine wahre Mischfarbe, als eigentlich zwei Farben, die hinter einander liegen, d. h. *c* scheint in *b* sich zu spiegeln. Die Vorstellung des Hintereinanderliegens wird unterstützt und der Glanz viel deutlicher, wenn man *c* etwas bewegt; andererseits kann diese Vorstellung gar nicht aufkommen, wenn beide Papiere unbegrenzt sind; dann fehlt der Glanz und man hat eine einfache Mischfarbe in einem bestimmten Abstand im Auge.

2) Bei der Betrachtung von Körpern erscheint sehr oft eine Fläche den beiden Augen in verschiedener Farbe oder Helligkeit; das eine Auge sieht nämlich von der Fläche gespiegeltes Licht, das dem anderen verdeckt ist. Darauf fusst die Anwendung des Stereoskopes zur Hervorrufung des Glanzes. Bringt man 2 begrenzte Farben, oder dieselbe Farbe von verschiedener Helligkeit (resp. Weiss einerseits und Schwarz andererseits, die besonders starke

Wirkungen geben) im Stereoskop zur Deckung, so erhält man nicht bloss die Empfindung des Glanzes, sondern man nimmt, den Normen des stereoskopischen Sehens gemäss, eine in einem bestimmten Abstand vom Auge befindliche glänzende Fläche wahr, d. h. eine farbige Fläche, in welcher andersfarbiges Licht, resp. ein andersfarbiger Gegenstand, sich spiegelt.

429. Lichtstärke.

Sehr wenig Licht, von einem gewissen Minimum an abwärts, empfinden wir nicht; die Stärke der Empfindung wachst mit zunehmender Lichtmenge; überschreitet letztere aber eine gewisse Grenze, so tritt die mehr oder minder schmerzhafte Sensation der Blendung ein. Kommen wir nach nicht zu kurzem Aufenthalt in einem dunkeln Raum in einen auch nur mässig hellen, so sind wir vorübergehend geblendet. Anhaltender Aufenthalt im Dunkel befähigt das Auge, auch bei höchst geringen Lichtmengen noch mehr oder weniger deutlich zu sehen.

Zur Bestimmung des geringsten Lichtreizes, der eben noch empfunden wird, brachte Aubert in eine kleine Fensteröffnung eines sonst dunkelen Zimmers eine matte Glastafel an, welche vom diffusen Tageslicht erhellt wurde. Zur Regulirung der Lichtstärke dienten auf das Glas gelegte Diaphragmen. Der Lichtquelle gegenüber, auf 5 Meter Entfernung, stand eine grosse weisse Papierfläche. War das Diaphragma 1 □ Millimeter gross, so konnte, beim abwechselnden Oeffnen und Verdecken desselben eine wechselnde minimale Erhellung und Suspension des Sehfelds eben noch wahrgenommen werden. Auch konnte Aubert dann seinen eigenen Schatten eben noch unterscheiden. Also ist die kleinste, gerade noch merkliche Erhellung des dunkelen Gesichtsfeldes = der Beleuchtung einer weissen Fläche durch ein quadratisches Stück weissen Himmels von 41 Sekunden Seite (1 Millim. ist in 5 Metern Abstand = 41 Winkelsekunden), eine Lichtstärke, die über eine Million schwächer ist als die des gewöhnlichen Tageslichtes.

Unsere Lichtempfindungen haben keine deutlichen Multipla, d. h. wir merken bloss, dass die eine Lichtquelle mehr oder weniger stärker ist als die andere. Wir besitzen desshalb zur subjectiven Vergleichung der Lichtstärken nur ein Mittel: die Bestimmung, unter welchen Verhältnissen zwei, absolut verschieden starke Lichtquellen auf uns den Eindruck gleicher Stärke machen, resp. wann der eben noch merkliche Unterschied beider Lichtstärken verschwindet. Darauf beruhen viele photometrische Methoden der Physiker. Helligkeitsunterschiede von $\frac{1}{60}$ — $\frac{1}{80}$ vermögen wir gewöhnlich, solche von $\frac{1}{100}$ bis $\frac{1}{120}$ und selbst noch mehr unter besonders günstigen Bedingungen zu erkennen. Ein schwaches Licht im Sonnenschein, z. B. die Sterne, nehmen wir nicht mehr wahr, weil der Unterschied zwischen dem reflektirten Licht der Atmosphäre und dem Licht der Sterne viel zu gering ist. Die Unterscheidungsempfindlichkeit für Lichtstärken ist nach Aubert am grössten bei der Helligkeit des diffusen Tageslichtes und nimmt diesseits und jenseits etwas ab. Bei sehr schwacher Lichtmenge ist sie sogar sehr gering.

Zu praktisch-ophthalmologischen Bestimmungen des Wahrnehmungsvermögens für Lichtunterschiede dient am besten eine schwarze und eine etwas grössere weisse Maxwell'sche Scheibe (424 Anm.), die man so in einander steckt, dass die schwarze Scheibe nur einen kleinen Sector bildet. Rotiren die Scheiben schnell, so hat man einen weissen

Ring um die centrale graue Scheibe. Gewöhnliche Augen unterscheiden den weissen Ring von dem Grau der Scheibe, wenn die Oberfläche des schwarzen Sectors $\frac{1}{60}$—$\frac{1}{80}$ von der Gesammtfläche der inneren Scheibe beträgt (Masson).

Im allgemeinen ändert sich, namentlich bei gewöhnlicher Beleuchtung, die Helligkeit der Gegenstände nicht, wenn wir sie mit einem oder beiden Augen betrachten. Im schwachen Licht der Dämmerung können wir jedoch mit zwei Augen noch lesen, wenn eines allein den Dienst versagt; auch blendet starkes Licht beide Augen früher als eines allein.

Noch nicht befriedigend erklärt ist folgende Erfahrung Fechner's. Befindet sich vor dem Auge *a* ein grünes Glas (am besten eines, das $\frac{1}{25}$ Licht durchlässt), während Auge *b* frei ist, so erscheint das Gesichtsfeld dunkeler, wenn Auge *a* geschlossen wird.

430. Zeitlicher Verlauf der Lichtstärkeempfindung.

Der Lichtreiz muss während einer gewissen Zeitgrösse auf die Netzhaut einwirken, um eine Lichtempfindung von bestimmter Stärke hervorzubringen. Sei *a*—*b* Fig. 128 die Zeit, so steigt die bei *a* beginnende Lichtempfindung schnell an, um bei *m* das durch die Ordinate *m c* ausgedrückte Maximum zu erreichen und sodann (gegen *n*) viel langsamer abzunehmen, als sie von *a* an, zugenommen hat.

Zur Erzielung einmaliger Lichteindrücke von beliebig veränderlicher Dauer befestigt Vierordt an das untere Ende eines langen Pendels eine grosse geschwärzte Platte von Kreisbogenform, die in ihrer Mitte mit einer 4eckigen Oeffnung versehen ist. Die Oeffnung kann durch 2 verschiebbare Platten von beiden Seiten her so verschmälert werden, dass eine senkrechte Spalte *a* von beliebiger Breite übrig bleibt. Das Pendel bewegt sich hinter einer Wand, die mit einer schmalen senkrechten Spalte *b* versehen ist, welche als Durchsichtsöffnung für das, um seine Sehweite abstehende, Auge dient. Letzteres empfängt also einen Lichteindruck, der so lange dauert, als die Spalte *a* hinter der Spalte *b* vorbeigeht. Durch Veränderung bieder Spaltbreiten und der Excursionsweite der Pendelschwingungen lässt sich die Dauer des Lichteindruckes beliebig variiren.

Mit diesem Apparat bestimmten Burckhardt und Faber die kleinste Zeit, welche bei gegebener (schwacher) Lichtstärke nöthig ist, um eine eben merkliche Farbenempfindung auszulösen. Bei zu kurzer Einwirkung auf die Netzhaut entsteht keine Empfindung; wird die Dauer der Reizwirkung etwas vergrössert, so hat man bloss eine allgemeine Licht- aber noch keine Farbenempfindung. Eine weitere Steigerung der Reizdauer führt zu einer ebenmerklichen Farbenempfindung; beim anhaltenden Betrachten des Lichtes reicht eine viel geringere Reizstärke *a* hin, um die minimale Farbenempfindung zu gewinnen. Die nachfolgenden Zahlen geben an, um wieviel, bei gegebener Dauer des Reizes, die Reizstärke grösser sein muss, als die Reizstärke *a*, um eine eben merkliche Farbenempfindung auszulösen.

Reizdauer in Sekunden	0,0029	—	0,0036	—	0,0048	—	0,0072	—	0,0144
Relative Reizstärke	343	—	259	—	145	—	81	—	36.

Die Zeitdauer, welche der Lichtreiz haben muss, um das Maximum der Empfindung auszulösen, untersuchte Exner mittelst eines von Helmholtz angegebenen Apparates. Derselbe besteht im Wesentlichen aus 2, mit Ausschnitten versehenen parallel gestellten Scheiben, die je mit ungleicher (beliebig veränderlicher) Geschwindigkeit rotiren. Die Ausschnitte gestatten, Gesichtseindrücke verschieden lange Zeit einwirken zu lassen. Zur Erzielung einer constanten Geschwindigkeit dient ein elektromagnetischer Rotationsapparat. Wirken auf 2 gleichartige Netzhautstellen gleichartige Reize, so müssen die den zeitlichen Verlauf der Reizung ausdrückenden Curven congruent sein. Beginnt die Reizung der ersten Stelle in der Zeit *a*, die der zweiten Stelle ein wenig später, in der Zeit *d* (Fig. 128), so sind gleichwohl beide Empfindungen (nahezu) gleichstark, weil der erste Reiz mit *g f* nahe hinter dem Maximum seiner Wirkung sich befindet, wenn der zweite Reiz dieses Maximum fast erreicht hat. Man hat also die Aufgabe, beide Reize im Zeitpunkt *f* aufhören zu lassen.

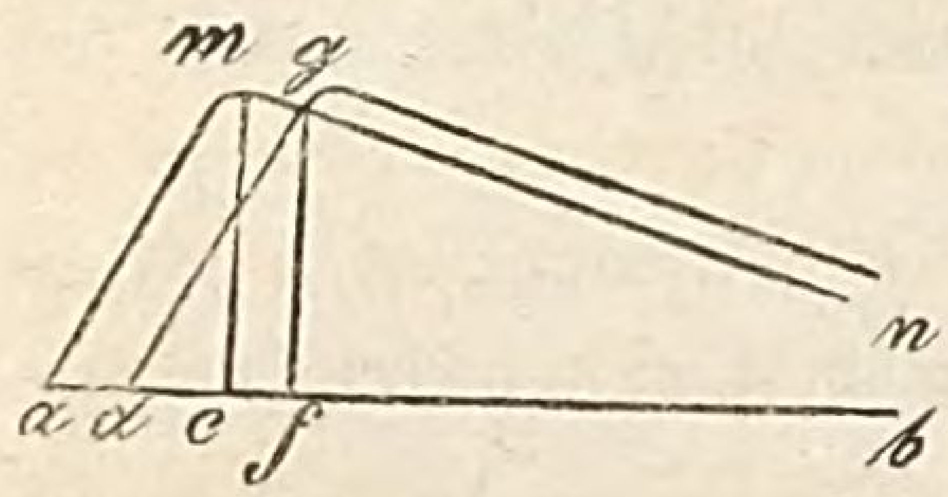
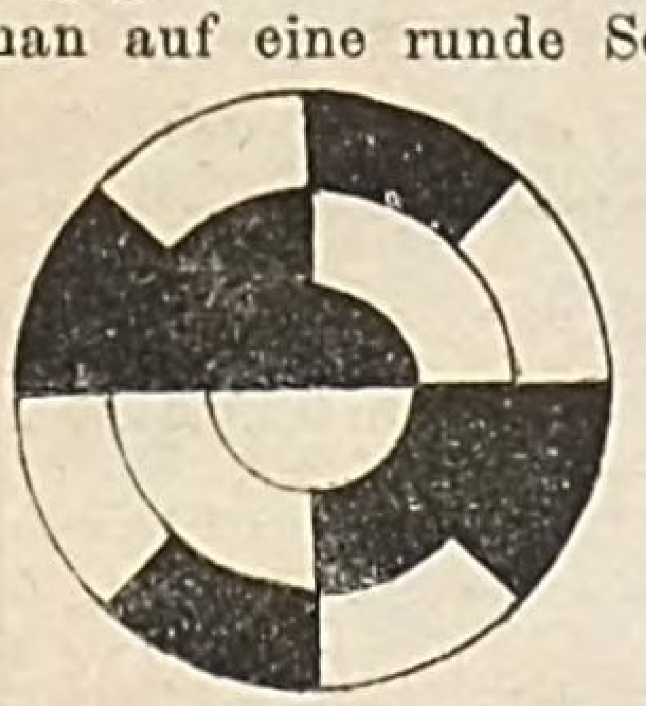


Fig. 128.

Der Einfluss der Lichtstärke und der Objectgrösse macht sich nach Exner in der Art geltend, dass bei einer Zunahme der Lichtstärke (resp. der Objectgrösse) in geometrischer Progression, die zur Wahrnehmung des Maximaleindruckes nöthigen Zeiten in arithmetischer abnehmen.

Lichtstärken	Zeiten
1	0,287 Sekunde
2	0,246 »
4	0,200 »
8	0,151 »

Folgen Schwarz und Weiss in raschem Wechsel auf einander, so beginnt die Empfindung eines vollkommen gleichartigen Grau bei etwa 35 Lichteindrücken in der Sekunde, wogegen 17—18 Lichteindrücke das Maximum der Empfindung geben (Brücke). Zeichnet man auf eine runde Scheibe etwa 3 concentrische Ringe, in denen Weiss und Schwarz wie in Fig. 129 wechseln, so sieht man von einer gewissen Drehungsgeschwindigkeit der Scheibe an, den äussersten Ring gleichmässig grau, d. h. mässig hell; den mittleren lebhaft flimmernd, d. h. lebhaft helle Stelle wechseln mit dunkeln; im inneren Ring aber, in dem die Eindrücke zu langsam wechseln, die einzelnen Farben für sich. Im mittleren Ring folgen die Eindrücke des Schwarz jeweils, wenn der Maximaleindruck des Weiss erreicht ist; man hat demnach den stärksten Lichteindruck. Folgen die schwarzen und weissen Stellen zu schnell, so kann das Weiss nicht zum Maximum des Eindrucks kommen und die Netzhaut beim Vorübergang des Schwarz nicht genügend ausruhen. Folgen die schwarzen und weissen Stellen einander zu langsam, so nimmt der Eindruck der letzteren jeweils wieder ab; das Weiss erscheint also wieder hell.


Fig. 129.

431. Die Stärke verschiedenfarbigen Lichtes.

Das Auge vermag bloss gleichfarbige Lichter in Bezug auf ihre Intensität direkt mit einander zu vergleichen; die bisherigen photometrischen Methoden waren desshalb auf diese Bedingung beschränkt. Eine direkte Vergleichung

verschiedenfarbiger Lichter in Bezug auf deren Stärke ist dem Auge schlechterdings unmöglich. Diese Aufgabe sucht Vierordt indirekt folgendermaassen zu lösen.

Lässt man auf einen kleinen Bezirk *a* einer farbigen Fläche, z. B. eines Bezirkes des Spectrum's, weisses Licht fallen, so erscheint *a* weiss, wenn das weisse Licht hinreichend stark ist. Wird letzteres (durch Rauchgläser von genau bekannter verdunkelnder Kraft) immer mehr abgeschwächt, so nimmt das Weiss einen zunehmend stärkeren Farbenton an; bei einem bestimmten Grad der Abschwächung des weissen Lichts kann der vom abgeschwächten Weiss und der Farbe zugleich erhellte Bezirk *a* nicht mehr unterschieden werden von den benachbarten, von der Farbe allein erhellten Flächen. Je mehr das Weiss abgeschwächt werden muss, um letzteren Punkt zu erreichen, um so schwächer ist die betreffende Farbe.

In dem, mittelst eines Prisma's erhaltenen, Spectrum (s. Fig. 5, § 13) erscheinen die Bezirke vom Roth bis zur Mitte des Grün verschmälert, und von da bis zum violetten Ende ausgedehnt. Die stärkste Verschmälerung zeigt der rothe, die stärkste Ausdehnung der violette Bezirk. Desshalb erscheinen im prismatischen Spectrum die rothen, orangefarbigen, gelben und gelbgrünen Bezirke entsprechend heller, die grünen, blauen und violetten aber entsprechend lichtärmer. Um die wahre Intensität des farbigen Lichtes von bestimmter Wellenlänge zu erhalten, muss demnach im Roth bis zum Gelbgrün die beobachtete Lichtstärke um so viel verkleinert werden, als die einzelnen Bezirke verschmälert erscheinen; im Grün, Blau und Violett dagegen ist die gefundene Lichtstärke um so viel zu vergrössern, als die betreffenden Stellen des Spectrum's verbreitert sind (typisches Spectrum).

Im Sonnenspectrum verhält sich die Lichtstärke der Einzelbezirke nach Vierordt folgendermaassen:

	Spectralbezirk.	Lichtstärke: prismatisches Spectrum	Lichtstärke: typisches Spectrum (wahre Lichtstärke)	Spectralbezirk	Lichtstärke: prismatisches Spectrum	Lichtstärke: typisches Spectrum (wahre Lichtstärke)	
Roth	A—a	6	2	D10E—D36E	5170	4071	Grün
Roth	a—a 50 B	80	29	D36E—E	3956—2838	3242—2810	Grün
Roth	a 50 B—B	171	69	E—E 17 F	2773	2980	Grün
Roth	B—B 50 C	208	86	E17F—E 52 F	1972—1554	2008—1888	Grün
Orange	B 50 C—C	281—348	129—167	E52F—F	1172—984	1441—1179	Blau
Orange	C—C 50 D	984—2520	504—1556	F—G	493—58	676—116	Blau
Gelb	C 50 D—D	2585—5997	1616—4164	G—G 50 H	35—18	77—46	Violett
Gelb	D—D 10 E	7664—6450	5677—4850	G 50 H—H	15—5	38—15	Violett
				jenseits H	1—0,3	4—1,5	Violett

432. Eigenlicht des nervösen Sehapparates.

Das Schwarz im dunkeln Raum beim Mangel objectiven Lichtes ist nicht bloss eine wirkliche Empfindung (346), sondern im Grunde dieselbe positive Lichtempfindung, die wir beim Anblick einer schwarzen Fläche haben, die durch alle Abstufungen in die stärksten Lichtempfindungen übergehen kann. Uebrigens ist das dunkele Schattenfeld nicht gleichartig, sondern es zeigt in mannigfaltigen räumlichen und zeitlichen Wechseln hellere und dunkelere Stellen. Fechner und Volkmann suchten zuerst den photometrischen Werth dieser, in Form des Augenschwarzes auftretenden »Lichtempfindung«, die von, im nervösen Sehapparat sich geltend machenden, inneren Reizen herrührt, experimentell zu bestimmen. Nach Aubert, der viel kleinere Werthe fand als die genannten Forscher, würde in einem sonst dunkelen Raum der Schatten eines Stabes auf einer weissen Fläche verschwinden, wenn ein gewöhnliches Kerzenlicht in einen Abstand von etwa 700—800 Fuss von der weissen Fläche gebracht würde. Mit anderen Worten: der vom Augenschwarz erfüllte Schatten kann jetzt nicht mehr unterschieden werden von dem durch das Augenschwarz und die äussere Erleuchtung zugleich erhellten Grund. Bei so geringer Lichtmenge ist nach Aubert das Unterscheidungsvermögen für Lichtstärken bloss noch $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{4}$. Also würde die Erleuchtung, die das Licht dem Augenschwarz hinzufügt, $\frac{1}{3}$—$\frac{1}{4}$ betragen von der durch das Augenschwarz selbst bewirkten Erleuchtung. Bei 400 Fuss Abstand erleuchtet das Licht die Fläche 4 mal stärker, als bei 800 Fuss; die weisse Fläche erhält somit durch ein, 400 Fuss von ihr abstehendes Kerzenlicht eine so starke Erleuchtung, als durch das Augenschwarz allein und der photometrische Werth beider Beleuchtungen ist unter diesen Bedingungen derselbe. Die Lichtstärke des Augenschwarz wäre somit im normalen Auge nur sehr gering.

Ein durch das geschlossene Auge geleiteter constanter Strom verursacht anhaltende Lichtempfindung und zwar wird das dunkle Schattenfeld bei im Sehnerven aufsteigender Richtung weisslich-blau, bei entgegengesetzter Richtung dunkeler und röthlich. (Ritter, Purkinje.) Da die Empfindung in den Centren des nervösen Sehapparates entsteht, so müssen letztere bei im Sehnerven aufsteigender Stromrichtung in Katelectrotonus, d. h. gesteigerte Reizbarkeit (111) verfallen, das Eigenlicht der Netzhaut wird demnach verstärkt, wogegen es durch die entgegengesetzte Stromrichtung gemindert wird.

433. (Anhang.) Farbensehen aus dioptrischen Ursachen.

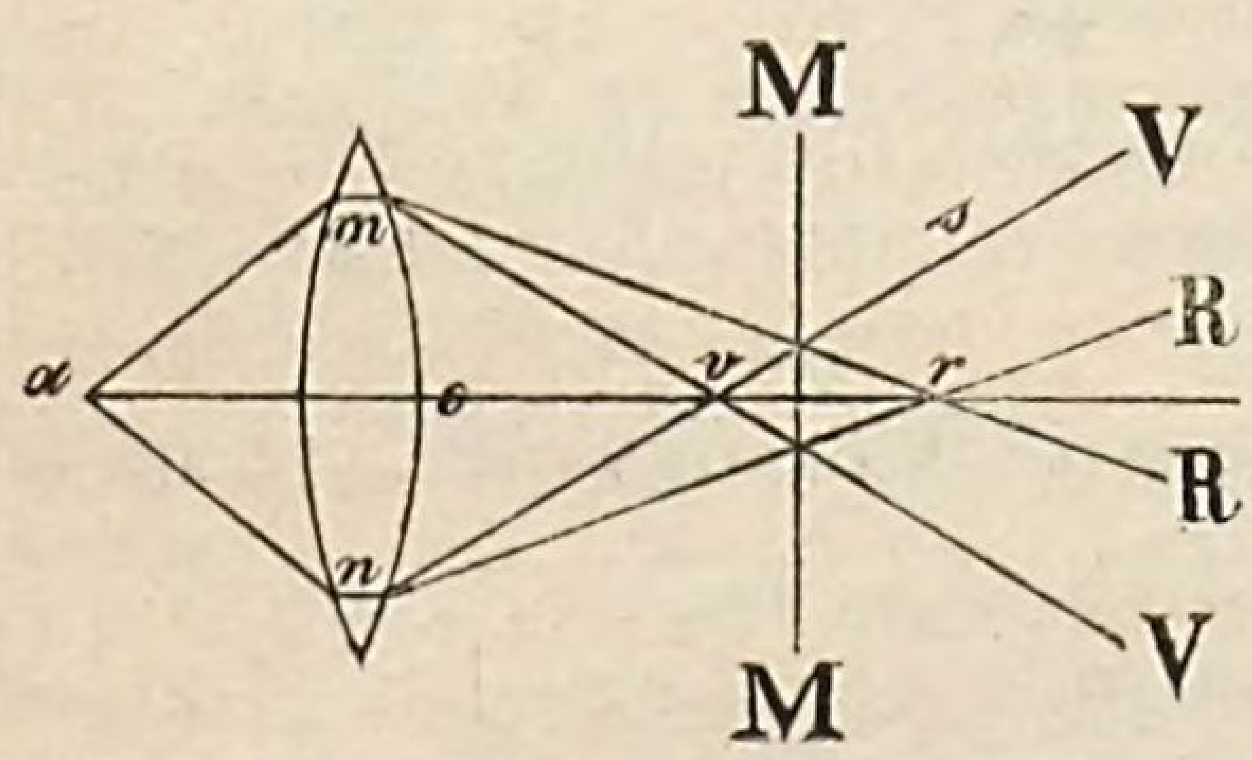


Fig. 130.

Fällt vom Punkt *a*, Fig. 130, gemischtes Licht auf eine Linse, so schneiden sich die violetten und blauen Strahlen, als die brechbarsten, näher hinter der Linse als die am wenigsten brechbaren rothen Strahlen. Die Figur stellt dieses für die Randstrahlen *am* und *an* des von *a* ausgeschickten Lichtkegels

dar; in v schneiden sich in der verlängerten Linsenaxe die blauen, in r die rothen Strahlen. An welcher Stelle von b bis r man auch die gebrochenen Strahlen auffangen mag, nie schneiden sie sich in einem Punkt, sondern sie gehen immer durch eine Kreisfläche hindurch. In der Mitte ist der Kreis weiss und lichtstark, weil hier Strahlen aller Farben auffallen; an den Rändern aber ist der Kreis farbig und zwar in der zur Axe senkrechten Ebene, in welcher der Vereinigungspunkt v der blauen Strahlen liegt, wie die Figur zeigt, roth; in der Ebene, in welcher r liegt, aber blau. Die Bilder gewöhnlicher Linsen sind desshalb von Farbensäumen umgeben; die Optik ist aber im Stande, durch Hülfsmittel, die in der Physik erläutert werden, diese Säume zu vermeiden (achromatische Linsen).

Auch die Augenmedien brechen violette Strahlen stärker als rothe, indem die beiderseitigen Brennweiten nach Helmholtz etwa 0,4 Millimeter von einander abstehen, desshalb sehen wir violette Gegenstände noch in grösserer Nähe deutlich als rothe; während rothe Gegenstände uns noch in grösserer Entfernung, als violette, deutlich erscheinen. Gleichwohl bedingt die Farbenzerstreuung keine merklichen Störungen beim gewöhnlichen Gebrauch unserer Augen; wir accommodiren für Strahlen mittlerer Brechbarkeit (diess würde in Fig. 130 einer Stellung der Retina in der Ebene MM entsprechen). Desshalb decken sich die Zerstreuungskreise der einzelnen Farben; nur an den Rändern der Retinalbildchen ist die Deckung nicht mehr vollständig, doch hat der dadurch entstehende Farbensaum nur eine geringe Lichtstärke.

Nur beim hälftigen Verdecken der Pupille mittelst eines, dem Auge sehr nahe gebrachten undurchsichtigen Schirmes sieht man lebhafte Farbensäume. Betrachtet man z. B. einen horizontalen Fensterrahmen, während die untere Hälfte der Pupille verdeckt ist, so zeigt der untere Rand des Rahmens einen blauen, der obere einen rothgelben Saum. Bei Verdeckung der oberen Pupillenhälfte treten die Farbensäume in umgekehrter Ordnung auf.

Zur Erklärung der eben genannten Erscheinung betrachten wir die Linse Fig. 130 als Repräsentanten des Auges und verlegen die Netzhaut in die Ebene MM, wo sich die äussersten rothen und die äussersten violetten Strahlen des gebrochenen Strahlenkegels schneiden. Wird die untere Hälfte der Linse verdeckt, so sind die violetten Strahlen im Raum ovn und im Raum svr abgehalten; dessgleichen die rothen Strahlen im Raum orn. In der Ebene MM oberhalb der Axe verschwindet also das violette, unterhalb der Axe das rothe Licht, und man hat für a kein punktförmiges Bild, sondern einen Zerstreuungskreis der oben roth und unten violett ist.

Ist statt a eine weisse Fläche gegeben, so decken sich auf der Retina die den verschiedenen Farben entsprechenden Zerstreuungsbilder der Fläche; letztere erscheint also in der Mischfarbe, d. h. weiss. Nur an den Rändern findet keine Deckung statt. Die Fläche ist bezüglich des von ihm ausgeschickten rothen Lichtes dem Auge zu nahe, bezüglich des violetten aber zu ferne. Wird ein Schirm vor der Pupille bewegt, so verschieben sich zu nahe Gegenstände scheinbar in entgegengesetzter, zu ferne Objecte dagegen in derselben Richtung wie der Schirm (372). Wird demnach die Pupille in der Richtung von unten nach oben verdeckt, so verschieben sich die rothen Zerstreuungsbilder scheinbar nach unten, die violetten aber nach oben. Die den relativ dunkeln Fensterrahmen begrenzenden beiden hellen Scheiben müssen somit Farbensäume zeigen; der untere Rand der obern Scheibe ist roth, der obere Rand der untern Scheibe blau gesäumt.

F. Entoptisches Sehen.

434. Extraretinale Schattenfiguren.

Wir können Theile des eigenen Auges unmittelbar wahrnehmen (sog. entoptisches Sehen) und zwar entweder den Schatten oder den Druck, welche die Netzhaut unmittelbar von diesen Theilen empfängt. Die Schattenfiguren zerfallen in extra- und intraretinale. Die erstern sind namentlich von Listing und Donders untersucht worden. Kleine dunkele Körperchen auf der Hornhaut und in den übrigen durchsichtigen Mitteln des Auges bis selbst ziemlich nahe vor der Retina, werfen keinen merklichen Schatten, weil bei gewöhnlicher Pupillenweite immer eine genügende Menge Lichtstrahlen hinter diesen Körperchen die Netzhaut erreicht. Halten wir dagegen ein in ein Kartenblatt gestochenes kleines Loch nahe vor das Auge und blicken durch dieses gegen den Himmel, so wird die Retina bloss beschienen von einem Punkte aus: dem zum Leuchtpunkt gewordenen Loch des Kartenblattes. Liegt dieses im Brennpunkt des Auges (Fig. 131 *f*), also etwa 13 Millim. von diesem entfernt, so verlaufen die Lichtstrahlen parallel im Auge; die Schatten auf der Retina sind dann so gross, als die schattengebenden Körper. Liegt das Loch dem Auge näher, so divergiren die Strahlen: die Schatten werden grösser. Liegt endlich das Loch jenseits des Brennpunktes, so convergiren die Strahlen gegen einen Punkt hinter der Netzhaut: die Schatten werden demnach kleiner. Schattengebende Körper in physiologischen Zuständen können sein: Thränen, Secrettröpfchen der Augenliddrüsen; Theile der Linse (dunkel contourirte Flecken, helle Streifen, sternförmige Schatten) oder des Glaskörpers, z. B. blasse Zellen und die bekannten Perlschnüre (schwach granulirte Fasern im Glaskörper). Die schattengebenden Theile des Glaskörpers bewegen sich (sog. fliegende Mücken).

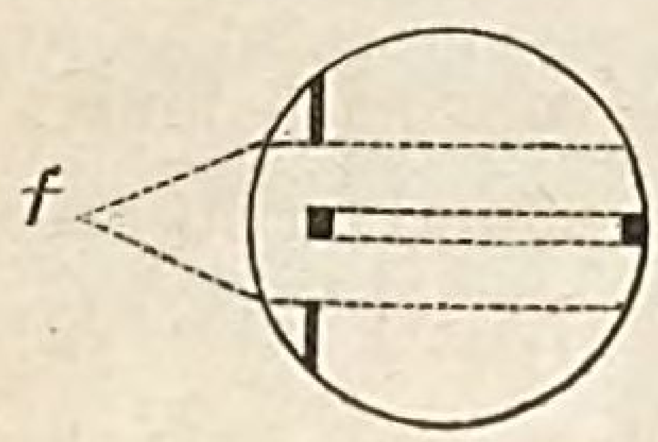


Fig. 131.

435. Intraretinale Schattenfiguren.

Man kann die Netzhautgefässe des eigenen Auges zur deutlichsten Selbstanschauung bringen (Purkinje's Netzhautaderfigur). Wenn man in einem sonst dunkeln Zimmer eine Lichtflamme nahe vor dem Auge hin- und herbewegt, so erscheinen nach und nach in immer zahlreicheren Verzweigungen die Retinalgefässe und zwar, wegen der Projektion in das Sehfeld, bedeutend vergrössert. Das rechte Auge erblickt (wegen der Umkehr der Objecte) die Eintrittstelle des Sehnerven rechts, die Macula lutea links (und zwar scheinbar gefässlos). Die Aderfigur, welche eine starke scheinbare Bewegung zeigt, entsteht dadurch, dass die Netzhautgefässe ihre Schatten auf die lichtaufnehmende Schicht der Retina werfen. Da die Verschiebung (Parallaxe) der Gefässschatten

bei Bewegung des Lichtes bedeutend ist und die meisten Retinalgefässe hinter der Schicht der Sehnervenfasern liegen, so schloss H. Müller, dass die lichtaufnehmenden Theile in einem gewissen Abstand hinter den Gefässen liegen, also nichts anderes sein können als die Schicht der Stäbchen und Zapfen.

Betrachtet man starr eine gleichartige Fläche, den blauen Himmel, ein Schneefeld, am besten aber das beleuchtete Milchglas einer Lampe, so wird die Farbe der Fläche bald matt. Bewegt man zugleich die wenig gespreizten Finger sehr schnell vor dem Auge hin und her, so tauchen einzelne Strömchen auf, die sich bald mehren und schliesslich sieht man eine grosse Zahl feinster, wegen der Projektion auf das Milchglas scheinbar sehr schnell fliessender Capillarströme; selbst die einzelnen Blutkörperchen können als kleine gleichmässig bewegte Pünktchen unterschieden werden.

Die prachtvolle Erscheinung, zu dessen vollendeter Anschauung Disposition nöthig ist, war Boissier theilweis bekannt; Steinbuch, Purkinje und Meissner haben sie später beschrieben; Vierordt benützte sie zur Messung der Capillarblutgeschwindigkeit. Letztere beträgt etwa $^1/_2$—$^3/_4$ Millim. in der Sekunde.

436. Entoptische Druckfiguren.

Drückt man den Augapfel möglichst gleichmässig von vorn nach hinten, so kommen die grösseren Netzhautgefässe zur Anschauung in charakteristischen Verzweigungen und mit bläulich silberglänzender Farbe (Purkinje, Vierordt), ausserdem aber auch die innere Schicht der Choroidealgefässe und zwar als intensiv rothes Netz mit den für diese Capillarität unverkennbaren Formen der, schwarz erscheinenden, Maschenräume (Vierordt). Beiderlei Gefässsysteme zeigen keinen sich bewegenden Inhalt. In seltenen Fällen, namentlich beim Einschlafen oder Aufwachen im Dunkel, kommen einzelne Capillarströmchen mit deutlichen gelben Blutkörperchen von selbst oder beim Druck auf das Auge zum Vorschein. Durch starke Anstrengung der Aufmerksamkeit sind diese Anschauungen, welche übrigens nur wenigen, disponirten und in fortgesetzter Uebung gehaltenen, Augen gelingen dürften, eine Weile festzuhalten. Von einer Erklärung des Phänomens (es fehlt ja alles objective Licht!) kann vorerst die Rede nicht sein.

XX. Riechen.

437. Riechsubstanzen.

Viele Substanzen bezeichnen wir als Riechkörper, andere dagegen sind uns in dieser Beziehung vollkommen gleichgültig. Die Körper, die wir riechen,

müssen 1) in die Luft übergehen, 2) die Nasenschleimhaut durchdringen und 3) den Riechnerven erregen können. Die erste und wohl auch zweite dieser Eigenschaften kommt vielen geruchlosen Substanzen zu; die dritte, wichtigste, kann abhängen: 1) Von objectiven Eigenschaften des Riechbaren selbst, welche allein im Stande wären, den Riechnerven zu afficiren. Bis jetzt ist aber kein physikalisches oder chemisches Unterscheidungsmerkmal zwischen riechbaren und geruchlosen Substanzen bekannt; desshalb ist das Vermögen dieser Körper, den Geruchsinn zu erregen, abzuleiten 2) von der Eigenschaft des Riechnerven selbst, die Riechstoffe in sich aufzunehmen und durch dieselben chemisch verändert zu werden.

Sonst nahe verwandte Körper können riechbar sein oder nicht, sowie andererseits sehr verschiedenartige Substanzen ähnliche Geruchsempfindungen hervorzurufen vermögen; den Geruch des Arsen nennt man knoblauchartig, den des Knoblauchs phosphorartig u. s. w. Eine Eintheilung der Riechkörper ist noch nicht versucht worden und auch kaum ausführbar. Die quantitativen Unterschiede der Riechkörper sind ausserordentlich; manche, wie Moschus, Camphor, wirken sehr stark, d. h. auf grössere Entfernung; andere nur sehr schwach und in nächster Nähe.

438. Riechnerv.

Reizungen der Nasenschleimhaut können sehr verschiedenartige Empfindungen auslösen, nämlich: 1) Temperatur- und 2) Tastempfindungen (s. 301) und deren Steigerung zu 3) schmerzhaften Gemeingefühlsensationen. Manche derselben werden auch als Geruchsempfindungen bezeichnet, z. B. concentrirte Ammoniak- oder Essigsäuredämpfe als stechende Gerüche aufgefasst. In grösseren Verdünnungen veranlassen übrigens die genannten Körper wirkliche Geruchsensationen. Alle jene Empfindungen werden vermittelt durch die Trigeminusfasern der Nasenschleimhaut; die 4) Geruchsempfindungen dagegen durch den N. olfactorius. Beim angeborenen Mangel dieses Nerven und nach Durchschneidung der Lobi olfactorii (die nach Biffi an jungen Thieren am besten ausführbar ist) fehlt das Geruchsvermögen. Der Olfactorius versorgt nur den oberen Theil der Nasenscheidewand und die zwei oberen Muscheln; die Verzweigungen des Geruchsnerven dringen nämlich auf jeder Seite in einer Doppelreihe durch die Löcher des Siebbeines in die Nasenhöhle und die äussere Reihe vertheilt sich an der Innenwand des Labyrinthes des Siebbeines, sowie in die obere und mittlere Muschel; die innere Reihe dagegen in den oberen und vorderen Theil der Nasenscheidewand. Die Olfactoriusfasern enden, nach M. Schultze, in eigenthümlichen Zellen, die zwischen den Epitelzellen der Schleimhaut eingelagert sind und gegen die freie Oberfläche längliche stabförmige Fortsätze ausschicken; Einrichtungen, die für die Zuführung der Riechsubstanzen bestimmt zu sein scheinen.

439. Geruchsempfindungen.

Die Feinheit und Schärfe des Sinnes ist wenigstens für manche Riechkörper eine ganz ausserordentliche. Enthält die Luft ein Milliontel und noch weniger Schwefelwasserstoffgas, so wird letzteres noch deutlich wahrgenommen; Ammoniak noch bei einer Verdünnung von $\frac{1}{33000}$ (Valentin). Geradezu fabelhaft erscheint die Feinheit des Sinnes in den Leistungen der Spürkraft mancher Thiere. Empfängt jedes Nasloch eine besondere Riechsubstanz, so erfolgt nach Valentin keine Vermischung der Empfindung, sondern wir riechen abwechselnd bald die eine, bald die andere. Die Geruchsempfindungen werden übrigens schnell abgestumpft.

Der Sinn ist ein niederer; er dient als Wächter für unsere Leiblichkeit und trägt zur intellektuellen Ausbildung nichts bei. Die Widersprüche hinsichtlich der Auffassung von Gerüchen sind sehr gross unter den Menschen; Einzelne riechen ganz bekannte Gerüche gar nicht, oder es kommt ihnen widrig vor, was die Mehrzahl angenehm afficirt, und umgekehrt. Die Nachgerüche und die, nicht besonders häufigen, subjectiven Gerüche sind nicht näher untersucht; die Einbildung spielt gerade hier eine Hauptrolle. Geschwülste, welche den Riechnerven drücken, können subjective Geruchsempfindungen veranlassen.

440. Mechanische Bedingungen des Riechens.

Für Luftthiere muss das Riechbare luftförmig sein. Im Wasser riechen sie nicht; wird Wasser in die Nase gegossen, so hört nach E. H. Weber die Fähigkeit des Riechens (zufolge einer Veränderung des Schleimhautepitels?) vorübergehend auf. Befeuchtung der Nasenschleimhaut ist unerlässlich. Die grosse Schleimhautoberfläche, sowie die Nebenhöhlen der Nase, tragen zur Erhaltung normaler Feuchtigkeitsgrade bei. Die vom Riechnerven versorgte Schleimhautparthie wird vom Luftstrom nicht direkt getroffen und dadurch vor zu starker Verdunstung behütet. Bei trockener Schleimhaut oder den stärkeren Schleimbelegen im Schnupfen riechen wir nicht oder schlecht.

Wir riechen um so besser, je kräftiger und breiter der durch die Nase streichende Luftstrom ist. Hält man den Athem an, so werden stark riechende, vor die Naslöcher gebrachte Substanzen nicht empfunden; bei den schnellen kräftigen Einathmungen des Schnüffelns, wobei die Nasenflügel zugleich weit geöffnet werden, riechen wir besonders gut. Zuhalten eines Nasenlochs beeinträchtigt die Empfindung. Beim ruhigen Einathmen riechen wir schwach, weil die Luft auf dem Boden der Nasenhöhle hinstreicht und sich nur wenig in die oberen Regionen derselben zerstreut. Letzteres wird erst möglich, beim kräftigen Einathmen: die untere Muschel, die vom Luftstrom direkt getroffen wird, dient vorzugsweise als Zerstreuungsmittel des Stromes (Bidder). Bei Gelegenheit chirurgischer Operationen an der Nase wurde be-

merkt, dass Ströme riechbarer Substanzen, direkt gegen die oberen Muscheln gerichtet, nicht gerochen werden. Die Richtung des Luftstromes ist also entscheidend; während der Ausathmung riecht man bekanntlich fast nicht. Starke Entwickelung der Schleimhautoberfläche der Nase und bestimmte Configurationen derselben unterstützten die erörterten mechanischen Hülfsmittel des Riechens und somit die Feinheit des Sinnes.

XXI. Schmecken.

441. Objecte und Localitäten des Schmeckens.

Die Geschmacksempfindungen sind weniger zahlreich, aber deutlicher und unter einander unterscheidbarer als die des Geruches. Sie zerfallen in 4 bestimmte Classen: Salzig, Sauer, Süss, Bitter. Ueber die Eigenschaften der Schmeckstoffe als solcher und im bestimmten Gegensatz zu den Unschmeckbaren ist nichts bekannt und es wiederholen sich hier ähnliche Folgerungen, wie die in 437 bezüglich der Riechstoffe aufgestellten. Physikalisch und chemisch durchaus verschiedenartige Körper können verwandte Geschmacksempfindungen erregen; bitter ist z. B. Chinin und Bittersalz.

Die bevorzugteste Oertlichkeit des Geschmackssinnes ist die Wurzel der Zunge; dann folgen deren Ränder und schliesslich die mittleren Theile der Vorderhälfte des Organs. Die Unterfläche der Zunge ist nicht mit Geschmackssinn begabt. Die fadenförmigen Papillen, mit ihrem stark entwickelten, verhornten Epitel dienen dem Geschmacksinn nicht. Bringt man einen winzigen Salz- oder Weinsäurekrystall auf eine keulförmige oder umwallte Papille, so entsteht ein deutlicher Geschmack; bringt man den Krystall aber an Stellen, wo die keulförmigen Papillen nicht zu gedrängt stehen, zwischen zwei solche Papillen, so schmeckt man nichts (Camerer). Die genannten Papillen scheinen demnach die ausschliesslichen Geschmacksorgane zu sein.

Wenn die übrigen Sinnesnerven mit eigenthümlichen mikroskopischen Endapparaten versehen sind, welche der Zuleitung der Sinnesreize dienen, so lässt sich Aehnliches auch bei den Geschmacksnerven erwarten. Die von Schwalbe und Loven im Epitel der Geschmackspapillen entdeckten, rundlichen, becherförmigen Gebilde gehören vielleicht hieher, obschon ein direkter Zusammenhang derselben mit Nervenfasern noch nicht dargethan werden konnte. Im Menschen konnten sie bloss in den umwallten Papillen (und zwar nach Wyss in jeder Papille zu mehreren Hunderten) nachgewiesen werden; in den keulförmigen Papillen mancher Säuger, z. B. des Rindes, fehlen sie übrigens ebenfalls nicht.

Derselbe Schmeckstoff bedingt übrigens nicht auf allen Regionen der Zungenoberfläche qualitativ gleiche Empfindungen (Horn). Nach Lussana soll sich der Vordertheil der Zunge durch Feinheit der Abstufungen der Geschmacks-

empfindungen, der hintere durch die Stärke der Eindrücke auszeichnen und namentlich widerliche Geschmäcke kräftiger empfinden. Die Angaben, dass der weiche Gaumen, das Zäpfchen und selbst die vorderen Gaumenbögen undeutliche Geschmacksempfindungen vermitteln, verdienen kein Vertrauen.

Camerer stellte ein Capillarröhrchen so auf die Zunge, dass nur eine Schmeck-Papille von ihr umgeben war und brachte sodann in die Röhre eine Kochsalzlösung von $\frac{1}{110}$ Verdünnung; er erhielt bloss 51 % richtige Fälle. Waren aber 2 Papillen unter der Glasröhre, so ergaben sich 63 %; bei 3 Papillen 76 %; bei 4 Papillen 84 % richtiger Fälle, d. h. solche, in welcher das Salz wirklich geschmeckt und nicht mit Wasser verwechselt oder das Urtheil unentschieden gelassen wurde.

442. Anderweitige Empfindungen in der Mundhöhle.

Tastempfindungen kommen vor im ganzen Bereich der Mundhöhle; die Zungenspitze ist sogar das bevorzugteste Tastorgan (302). Viele sog. Geschmäcke sind nichts anderes als specifische Formen von Tastempfindungen: so z. B. der beissende, prickelnde, ätzende, sandige, mehlige, pappige, zusammenziehende, herbe, laugenhafte. Sie kommen desshalb auch auf Stellen der Mundhöhle vor, denen der Geschmackssinn fehlt, z. B. den Lippen und gerade ihre Mannigfaltigkeit beweist, wie hoch ausgebildet der Tastsinn in der Mundhöhle ist.

Ferner sind die Organe der Mundhöhle zu Empfindungen für objective Temperatur und zwar auch an nicht schmeckenden Stellen, befähigt. Manche analoge Empfindungen werden wiederum als Geschmäcke bezeichnet; z. B. der Senf brennt, die Pfeffermünze erregt ein Kältegefühl; beide Substanzen sind aber durchaus geschmacklos.

Demnach sind zahlreiche Stoffe, obschon sie lebhafte Sensationen auf der Zunge u. s. w. erregen, aus der Classe der schmeckbaren zu streichen. In der Schwierigkeit, die Tastempfindungen von den eigentlichen Geschmacksperceptionen zu trennen, liegt eine Hauptursache der Widersprüche über die mit Geschmackssinn begabten Stellen der Mundhöhle.

Sogar Gerüche verwechseln wir mit Geschmäcken: wir meinen z. B. beim Essen von Vanille, Asa foetida, Knoblauch u. s. w. etwas zu schmecken; beim Zuhalten der Nase haben wir aber keine Empfindung. Auch der umgekehrte Irrthum kommt vor; Chloroformdämpfe durch die Nase eingeathmet glauben wir zu riechen, es ist aber ein blosser Geschmack (Stich).

443. Geschmacksnerven.

Die Zunge wird von drei Nerven versorgt. Der Hypoglossus vermittelt die Bewegungen des Organs; der Zungenast des N. glossopharyngeus ist Geschmacksnerv der Zungenbasis. Der, die ganze Zungenoberfläche versorgende, Zungenast des Trigeminus enthält Fasern, die vom Trigeminus, sowie der, mit dem Lingualis sich verbindenden, Chorda tympani des Facialis stammen; die ersteren stehen dem Tastvermögen der Zungenoberfläche vor, die letzteren dem Geschmacksinn der beiden vorderen Drittel der Zunge. Auf diese

Art scheint die von zahlreichen Experimentatoren, wie Panizza, Longet, Biffi, Lussana, Duchenne, diskutirte Frage über die Geschmacksnerven vorerst entschieden werden zu müssen. 1) Nach Durchschneidung des Glossopharyngeus ist der Geschmack in den hinteren Theilen der Zunge unzweideutig vernichtet. 2) Nach Durchschneidung des Lingualis Trigemini nehmen Thiere bittere Stoffe in die Mundhöhle, zeigen aber sogleich Symptome von Ekel, wenn dieselben in den Hintermund gelangen. 3) Durchschneidung des Lingualis Trigemini vernichtet den Tastsinn der Zunge auf der operirten Seite. 4) Affectionen der Trigeminuswurzel heben bloss den Tastsinn, nicht aber den Geschmackssinn auf der entsprechenden Seite des Vordertheils der Zunge auf. 5) Zerstörung beider Chordae tympani in der Trommelhöhle vernichtet den Geschmack im Vordertheil der Zunge. 6) Reizung der Chorda ist ohne Einfluss auf die Zungenbewegung des Facialis. Die Chordafasern stammen nicht von der motorischen Hauptwurzel, sondern von der Wrisbergischen Portion des Facialis.

Schiff bestreitet, dass die Chorda sämmtliche schmeckende Fasern der vorderen Zunge enthalte. Nach Durchschneidung der Glossopharyngei und beider Chordae sei der Geschmack nicht völlig aufgehoben; auch schwäche die Durchschneidung des Lingualis Trigemini, oberhalb der Verbindung mit der Chorda, den Geschmack im Vordertheil der Zunge. Der Verlauf dieser Lingualisfasern zum Gehirn ist übrigens noch nicht sicher ermittelt.

444. Geschmacksempfindungen.

Valentin hat zuerst die Grenze der Verdünnung bestimmt, bei welcher Schmecksubstanzen überhaupt noch wahrgenommen werden; bittere und sauere Substanzen ertragen die grössten, salzige sehr viel geringere, süsse die geringsten Verdünnungen.

Camerer verschluckte bei seinen Bestimmungen der Minimalquantitäten schmeckbarer Flüssigkeiten jeweils 30 C. C. Met. und erhielt für Chinin und Chlornatrium folgende Ergebnisse.

Chinin			Chlornatrium		
In der verschluckten Flüssigkeit enthaltene Menge in Milligrammen.	Verdünnung des Chinin.	Zahl der richtigen Empfindungen in % aller Fälle.	In der verschluckten Flüssigkeit enthaltene Salzmenge in Milligrammen.	Verdünnung des Salzes.	Zahl der richtigen Empfindungen in % aller Fälle.
0,029	$\frac{1}{103.400}$	32	4,8	$\frac{1}{6250}$	9
0,044	$\frac{1}{68.000}$	62	9,5	$\frac{1}{3125}$	49
0,059	$\frac{1}{51.000}$	77	14,3	$\frac{1}{2098}$	80
0,074	$\frac{1}{40.000}$	88	19,1	$\frac{1}{1562}$	86
0,089	$\frac{1}{34.000}$	89	28,6	$\frac{1}{1049}$	100

Die Empfindlichkeit für Chinin ist somit 211mal grösser als für Chlornatrium, d. h. um die gleiche %Zahl richtiger Entscheidungen zu erhalten, kann die Chininlösung 211mal stärker verdünnt werden, als die Chlornatriumlösung.

Ueber das Unterscheidungsvermögen des Geschmacksinnes für Concentrationsdifferenzen der schmeckbaren Körper erhielt Keppler folgende Ergebnisse:

Concentrationsunterschied der beiden mit einander zu vergleichenden Lösungen.	Zahl der richtigen Entscheidungen; alle Fälle = 100 gesetzt.
2,5 %	53,4
5,0	61,2
7,5	73,2
10,0 %	80,8

Der Geschmacksinn steht demnach in diesen Leistungen den übrigen Sinnen (der Geruch ist noch nicht untersucht) entschieden nach. Die Leistungen der Unterscheidungsempfindlichkeit wachsen auf diesem Gebiete anfangs mit zunehmender Concentration, und nehmen bei zu starken Lösungen wieder ab. Für Salzlösungen scheint der Sinn eine etwas grössere Unterscheidungsempfindlichkeit zu haben als für Lösungen saurer und süsser oder der, hierin am meisten zurückstehenden, bitteren Substanzen.

Zwischen der Application des Schmeckstoffes und dem Eintreten der Empfindung liegt ein kleiner Zeitraum; am kürzesten ist derselbe beim Salzigen, dann folgen Süss, Sauer und endlich Bitter; eine Reihenfolge, die auch bei Mischungen zweier Schmeckstoffe wiederkehrt (Schirmer). Ueber die Aufeinanderfolge der Geschmackstoffe (manche ergänzen, andere stören sich; auf Süsses schmeckt Saures schlecht u. s. w.), sowie über die Mischungen der Schmeckstoffe und die Feinheit der Unterscheidung verwandter zusammengesetzter Geschmäcke (es sei nur an die Leistungen einzelner Weinschmecker erinnert) ist man in Küche und Keller besser unterrichtet als in der Wissenschaft. Die Beihülfe des Gesichtes ist eine bekannte Thatsache; im Dunkeln schmecken wir schlecht. Die Nachgeschmäcke weichen manchmal von den ursprünglichen ab: ein Bitteres (reines Bitter?) kann süsslich werden u. s. w. Ueber subjective Geschmäcke fehlen genauere Thatsachen. Der elektrische Strom (z. B. ein an die Zunge angelegter Zink-Kupferstreif) erregt Geschmacksempfindungen und zwar sauer an der Eintritt-, »laugenhaft« an der Austrittstelle (Sulzer). Der saure Geschmack tritt auch auf, wenn die betreffende Stelle der Zunge mit einer alkalischen Flüssigkeit benetzt wird (Volta); diese Empfindungen können somit nicht etwa von sauren und alkalischen Zersetzungsprodukten des elektrischen Stromes, sondern nur von einer Wirkung des letzteren auf die Geschmacksnerven herrühren. Bewegung und normale Befeuchtung der Zunge unterstützen die Deutlichkeit der Empfindung; bei starkem Zungenbelege oder trockener Zunge schmeckt man fast gar nicht. Kaltes und heisses Wasser heben das Geschmacks- und Tastvermögen der Zunge vorübergehend

auf. Die für den Geschmack vortheilhafteste Temperatur schmeckbarer Flüssigkeiten liegt nach Camerer zwischen 10—35° C.

XXII. Gemeingefühle.

445. Ursachen.

Gemeingefühle, welche besonders auch das ärztliche Interesse in Anspruch nehmen, sind diejenigen Empfindungen, welche wir nicht nach Aussen, sondern in unseren Körper selbst verlegen. Hauptveranlassungen sind: I. Im Körper liegende Ursachen. Diese erregen entweder *a)* die Sinnesnerven selbst; dann entstehen die, 290 erwähnten, subjectiven Empfindungen, welche den objectiven qualitativ ähnlich sind. Hieher gehören z. B. gewisse Wahrnehmungen von Farben, Geräuschen, Tönen u. s. w., die wir, da es uns sogleich gelingt, die Abwesenheit entsprechender äusserer Einflüsse zu erkennen, als spontane Erregungen der Sinnesnerven selbst auffassen. Oder *b)* bestimmte Zustände der überhaupt mit Sensibilität begabten Körpertheile veranlassen Empfindungen; z. B. der ermüdete Muskel, der Magen des Hungernden.

II. Einflüsse der Aussenwelt. *a)* Die äussere Ursache wirkt heftig auf das Sinnorgan; es entsteht dann nicht etwa eine Steigerung gewöhnlicher Empfindungen, sondern etwas Neues: ein Schmerz. *b)* Das äussere Agens wird dem Sinnesnerven auf ungewöhnlichen Wegen zugeleitet; z. B. der Nerv wird in seinem Verlaufe erregt, also an einem Ort, wo besondere Zuleitungsapparate für das äussere Agens fehlen. Es entsteht dann eine Sensation, die, nach 289 (Anm.) zwar in die Peripherie verlegt wird, d. h. dahin, wo wir die entsprechenden normalen Empfindungen haben, die aber niemals die Eigenschaften der normalen Empfindung genau wiederholen kann; sie ist uns desshalb (ganz abgesehen von ihrer Stärke) mehr oder weniger unangenehm, selbst schmerzhaft. Ein Druck auf den Ulnarnerven z. B. veranlasst Schmerz in der Haut des ulnaren Randes der Hand. *c)* Der äussere Eindruck zieht nebst der ihm entsprechenden Sensation noch sekundäre Sensationen von anderer Beschaffenheit nach sich; z. B. üble Gerüche die Empfindung des Ekels, d. h. ein Muskelgefühl.

446. Qualitäten der Gemeingefühle.

Die Gemeingefühle (in obigem weiteren Sinn) wiederholen entweder Qualitäten objectiver Sinnesempfindungen (Farben-, Schall-, Druck-, Temperaturgefühle u. s. w.), oder sie stellen neue, den objectiven nicht analoge und darum

als solche keiner weiteren Beschreibung und Vergleichung fähige Empfindungsformen dar, z. B. Durst-, Wollust-, Schwindelgefühl u. s. w. Wie bei den objectiven Sinnesempfindungen, so gelingt auch hier dem geistig Gesunden in der Regel die richtige Deutung des Empfundenen. Liegen die Ursachen der Gemeingefühle im Körper selbst, so fassen wir sie auf als Zustände unserer eigenen Leiblichkeit; werden dagegen die Gemeingefühle durch äussere Anlässe hervorgerufen, so übersehen wir, neben dem Bewusstsein unserer eigenen afficirten Leiblichkeit, gleichwohl die wahre äussere Veranlassung nicht. Wir haben also im ersten Fall ausschliesslich, im zweiten dagegen mehr oder weniger vorwiegend, die Empfindung eines veränderten Zustandes unseres Körpers selbst und verhalten uns desshalb viel weniger gleichgültig, als bei den objectiven Sinnesempfindungen. Nur wenige Gemeingefühle lassen uns indifferent, die meisten sind uns entweder angenehm: sie regen uns geistig und gemüthlich an und fördern selbst den Gang körperlicher Funktionirungen; oder sie sind uns unangenehm, ja selbst schmerzhaft; diese wirken deprimirend auf unsern geistigen Zustand und vielfach auch hemmend auf die leiblichen Verrichtungen.

447. Ursachen der schmerzhaften Empfindungen.

Die Entstehung der Schmerzen und aller Unlustgefühle überhaupt ist an dieselben Normen gebunden, wie das Zustandekommen der gewöhnlichen objectiven Sensationen und der sonstigen, nicht schmerzhaften, Gemeingefühle. Wir beschränken uns desshalb auf die unterscheidenden Merkmale der schmerzhaften Sensationen. Dieselben können auftreten 1) in Körperstellen, welche normaliter Druck- und Temperaturempfindungen veranlassen. Diese Schmerzen sind unter Umständen sehr heftig. Die den Geruch-, Geschmacks-, Schall- und Lichtwahrnehmungen dienenden Nerven dagegen veranlassen keine Schmerzen; heftige mechanische Reizung des Sehnerven bewirkt intensive Lichtempfindungen, nicht aber als solche Schmerzen. Aber 2) auch Körpertheile, welche gewöhnlich keine Empfindungen verursachen werden, in bestimmten pathologischen Zuständen schmerzhaft, unter Umständen sogar in hohem Grade. Hieher gehören namentlich die vom Sympathicus versorgten Organe.

Schmerzbewirkende Ursachen — dieselben mögen äussere sein, oder dem Körper selbst angehören — sind: 1) rein mechanische Einflüsse, wie Druck, Zerrung. 2) Anderweitige physikalische Agentien, z. B. starke Hitzegrade und 3) eine grosse Anzahl chemischer Körper. Aber auch hier wiederholt sich vielfach die, 289 hervorgehobene Erscheinung, dass in manchen Organen und Geweben nur bestimmte Agentien Schmerzen hervorrufen können, während andere Einflüsse, selbst im Uebermaass ihrer Einwirkung, erfolglos bleiben. Der blossgelegte Muskel z. B. ist unempfindlich, wenn er gebrannt oder gezerrt wird. Die Durchsägung der Knochen bei der Amputation des Unter-

schenkels ist ungleich weniger schmerzhaft, als die Qualen, welche Eiterungen in der Markmasse des Schienbeins veranlassen können.

Man unterscheidet 1) periphere Schmerzen, hervorgebracht durch Erregung der Endausbreitungen der sensibelen Nerven, und 2) centrale Schmerzen, veranlasst durch Affektionen der Nervenstämme oder der betreffenden Nervencentren im Hirn und Rückenmark.

Die Schmerzen können sowohl durch äussere Einwirkungen, als durch Krankheitsreize selbst bedingt sein. Der centrale pathologische Schmerz tritt anfallsweise auf, wogegen der periphere Schmerz anhaltend ist. Dass der centrale Schmerz nicht am Ort des schmerzsetzenden Reizes, sondern in der Peripherie empfunden wird, musste schon 289 hervorgehoben werden.

In Zuständen von Betäubung kommen sonst schmerzhafte Eingriffe nicht oder nur unklar zur Empfindung. Merkwürdig sind jene mässigen Grade der Chloroformnarkose, in denen die Patienten die Messerschnitte des Chirurgen als einfache Tastempfindungen, ohne alle Schmerzen fühlen. Analoge Zustände wurden in einzelnen Fällen von chronischer Bleivergiftung, Hirnlähmungen u. s. w. beobachtet; es sind alsdann grössere Strecken der Haut selbst für die heftigsten Eingriffe vollkommen unempfindlich, während gleichwohl die leiseste Berührung noch wahrgenommen wird, d. h. das Gemeingefühl ist gelähmt, nicht aber der Tast- und Temperatursinn.

448. Specifität der schmerzhaften Empfindungen.

Der Schmerz ist als Empfindung etwas Neues, mit den durch den betreffenden Nerven gewöhnlich vermittelten Empfindungen nicht Vergleichbares; es ist also keine einfache Steigerung normaler Empfindungen, sondern er entsteht nur in Folge von Steigerung der normalen äusseren Ursachen der Empfindungen (E. H. Weber). Tauchen wir die Hand in heisses Wasser, so fühlen wir keine erhöhte Wärme; legen wir ein Stückchen feste Kohlensäure auf die Haut, so bedingt die enorme Wärmebindung der verdunstenden Masse kein Kältegefühl; in beiden Fällen sind die Empfindungen anderer Natur, sie sind schmerzhaft.

Eigenthümlich für den Schmerz ist das Ungewöhnliche der Empfindung. Dieses ist am deutlichsten in den Theilen, die uns in der Norm keine Empfindungen verschaffen; wir nennen desshalb jede Empfindung in solchen Theilen, sie mag an sich noch so schwach sein, geradezu unangenehm oder selbst schmerzhaft; so z. B. schon eine geringe Sensation im Darm. Es kommt also nicht bloss auf die Stärke der Empfindungen an, wenn sie schmerzhaft werden sollen. Pressen wir beide Zahnreihen heftig an einander, so kommt uns die dadurch verursachte lebhafte Sensation nicht als eine schmerzhafte vor, obgleich dieselbe an sich viel stärker ist als viele mässigen Grade des »Zahnwehes«. Dasselbe gilt von einem leisen Kopfschmerz gegenüber einem starken äusseren Druck auf die Cutis.

449. Ungenauigkeit schmerzhafter Empfindungen.

Charakteristisch für den Schmerz ist eine, mit der Stärke der veranlassenden Ursache in keinem Verhältniss stehende Ungenauigkeit der Empfindung.

Es wird 1) der Ort des Schmerzes nur annähernd richtig beurtheilt. 2) Die Schmerzen sind sehr geneigt zur Irradiation, d. h. sie überschreiten die Grenzen der Körperstelle, die von der schmerzsetzenden Ursache getroffen wird. Die Irradiation wächst mit der Heftigkeit des primären Schmerzes: der irradiirte Schmerz kann sogar stärker werden als der primäre, indem die Erregbarkeit der unmittelbar afficirten Nervenfasern sich abstumpft. Dadurch entstehen neue Ungenauigkeiten der Empfindung und Täuschungen über den Sitz des Schmerzes. 3) Durch den Schmerz werden gleichzeitige oder nachfolgende normale Einwirkungen auf den betreffenden Nerven gestört, oder es wird die Perception derselben unmöglich gemacht, oder endlich sie lösen ebenfalls Schmerzen aus. Eine auch nur leise Berührung einer entzündeten Hautstelle kann in hohem Grade schmerzen. 4) Die Vorstellung ist unfähig, den überstandenen Schmerz zu reproduciren; das Erinnerungsvermögen für schmerzhafte Sensationen fehlt vollständig. Ebenso verhält es sich übrigens auch mit den nichtschmerzenden Gemeingefühlen, zum Unterschied von den normalen objectiven Perceptionen der höheren Sinnesnerven.

450. Grade des Schmerzes.

Die Natur der schmerzsetzenden Ursache ist vielfach von Einfluss auch auf die Stärke des Schmerzes, soweit von einer Vergleichung der Intensitätsgrade bei qualitativ ganz verschiedenen Schmerzempfindungen die Rede sein darf. Der, als Sensation an und für sich nicht intensive, Kitzel z. B. ist uns viel unangenehmer als ein starker schmerzender Druck. — Ausserdem hängt die Stärke der Empfindung ab von gänzlich unbekannten individuellen Momenten, wohin namentlich auch die, keiner weitern Analyse zugängliche, »psychische Reizbarkeit« des Empfindenden gehört (s. die Temperamente).

Wird aber dasselbe Individuum und dieselbe Art des Reizes vorausgesetzt, so ist auf die Stärke des Schmerzes von Einfluss: 1) die Ausbreitung der afficirten Körperstelle, resp. die Zahl der ergriffenen Nervenfasern (E. H. Weber). Taucht man einen Finger in Wasser von 39° R., so entsteht kein Schmerz, wohl aber beim Eintauchen der ganzen Hand. 2) Die Erregbarkeit des Theiles. Höhere Wärmegrade z. B. werden schneller und stärker schmerzhaft auf der Zungenspitze, als wenn sie die Hand treffen. Manche Stellen der Cutis z. B. des Gesichts können ziemliche Kältegrade ertragen, ohne dass Schmerzen entstehen; die Gewöhnung ist hier von bedeutendem Einfluss. 3) Die Dauer der Wirkung des Reizes. Ein anfangs noch nicht schmerzhaftes Agens kann bei fortgesetzter Einwirkung schmerzhaft werden und umgekehrt.

Mit zunehmender Stärke des Reizes wächst auch die Heftigkeit des Schmerzes, bis zu einem gewissen Intensitätsgrade des Reizes, wo der Schmerz das Maximum erreicht.

451. Arten der Schmerzen.

Die Sprache hat hiefür viele Bezeichnungen, die Beachtung verdienen, obschon derselbe Reiz bei verschiedenen Personen nicht selten verschiedene Empfindungsqualitäten veranlasst und ausserdem mehrerlei Schmerzen neben einander bestehen oder in einander übergehen können trotz anscheinender Unveränderlichkeit der schmerzbewirkenden Ursache. Der Uebergang verwandter Arten von Schmerzen in einander ist besonders deutlich bei allmäliger Steigerung des Reizes selbst; zum Theil hängt die Erscheinung ab von der bald eintretenden Abstumpfung des afficirten Nerven. Wir unterscheiden:

1) Specifische Schmerzen, vermittelt durch bestimmte Organe oder Gewebe, z. B. die zahlreichen schmerzhaften Muskelgefühle, die Athemnoth, Lichtscheu, die Gefühle beim anhaltenden Hungern u. s. w.

2) Generelle Schmerzen; sie sind an keine bestimmte Oertlichkeit gebunden; namentlich: 1) der stechende Schmerz; wahrscheinlich hervorgerufen durch Affection weniger Nervenfasern. 2) Der schneidende, eine Steigerung des vorigen. 3) Der brennende Schmerz ist keine erhöhte Wärmeempfindung, sondern eine Sensation eigener Art; er wird nicht bloss durch höhere Wärmegrade veranlasst, sondern auch durch zahlreiche andere Eingriffe, z. B. scharfe, kaustische Mittel, viele innere pathologische Reize u. s. w., sowie in zahlreichen, keiner objectiven Temperaturempfindung fähigen, Körperstellen. 4) Bei dem, namentlich in Muskeln häufigen, reissenden Schmerz scheint die Sensation eine gewisse Körperstrecke Stelle für Stelle zu durchlaufen; geschieht das Wandern sehr schnell, so entsteht der »schiessende« Schmerz (in Neuralgieen). 5) Drückende, klopfende, bohrende, nagende Schmerzen: besonders in unnachgiebigen Theilen. 6) Jucken und Kitzeln sind häufige Sensationen in der Cutis und in Schleimhäuten. 7) Das Ameisenlaufen tritt, abgesehen von gewissen Rückenmarksleiden, besonders nach Aufhören eines die Nervenstämme treffenden mässigen Druckes ein.

452. Muskelgefühle.

Kein Körpertheil, selbst die Haut nicht ausgenommen, verschafft uns zahlreichere und verschiedenartigere, im Einzelnen bis jetzt viel zu wenig gewürdigte, oder selbst falsch gedeutete Gemeingefühle, als die Muskeln. Wir können die Muskeln gegenüber dem Gemeingefühl in folgende Gruppen bringen:

1) Skeletmuskeln, welche sowohl bei der Herstellung äusserer Arbeit, als auch bei den Stellungen und Fortbewegungsweisen des Körpers in Thätigkeit kommen. Diese vermitteln sehr zahlreiche Empfindungen (s. auch 469).

2) Muskeln, welche in bestimmten Zuständen specifische Empfindungen veranlassen. Die wichtigsten unter diesen, weiter unten näher zu betrachtenden, Gemeingefühlen sind: Hunger und Sättigungsgefühl

(beide zum grössten Theil wohl Muskelgefühle), Ekel, Stuhldrang: die Folge lebhafterer Contraction der Mastdarmmuskulatur und stärkerer Gegenwirkungen der Sphinctermuskeln bei angesammelten Kothmassen in Krankheiten des unteren Darmkanales, unter Umständen (als sog. Stuhlzwang) auch bei leerem Mastdarm. Ferner die qualitativ und quantitativ sehr verschiedenen, immer aber unangenehmen oder selbst schmerzhaften Gefühle bei anomaler Peristaltik des Darmes, z. B. in Durchfällen. Der Harndrang bei stärkerer Füllung der Blase. Auch die Wollustempfindungen sind theilweis Muskelgefühle (s. 537). Die Wehen, die Begleiter der Uteruscontractionen, sind eigenthümliche, anderen Muskelschmerzen nicht völlig vergleichbare Sensationen. In hohem Grade specifisch ist das, in die oberen Auglider (Hebmuskel des Lides) und die Bulbusmuskeln lokalisirte Gefühl der Schläfrigkeit, ferner die durch die Muskeln am Boden der Mundhöhle hervorgerufene Sensation beim Gähnen, sowie die Stirnschmerzen. Das vulgäre, mit andern unangenehmen Sensationen nicht vergleichbare, Kopfweh ist meist nicht etwa eine Affection der Trigeminuszweige der Stirnhaut, als welche man sie ausschliesslich auffasst, sondern es wird durch mancherlei Zustände der Stirn- und Augenmuskulatur hervorgerufen. Auch die Athemmuskeln gehören hieher; dieser Muskulatur fehlen manche Gefühle, die in den übrigen Skeletmuskeln häufig sind, z. B. die Ermüdung; dagegen tritt die Athemnoth, welche grösstentheils ein Muskelgefühl ist, als neue specifische Sensation auf. In Krankheiten können die Athemmuskeln, wie die Muskeln überhaupt, Gefühle (reissende, stechende u. s. w.) veranlassen, die aber nicht specifischer Natur sind. Fährt man mit einer Bürste über eine Strecke der Rückenhaut, so entsteht ein Kältegefühl, welches sich über den Rücken weiter verbreitet und durch die Zusammenziehung der organischen Muskelfasern der Haut bedingt ist. Die Sensationen beim Fieberfrost werden durch ähnliche Zustände dieser Muskelfasern verursacht oder durch Erregung der Centren der die organische Hautmuskulatur versorgenden Nerven, welche sodann peripherisch empfunden werden.

3) Muskeln, welche selten oder selbst gar nicht Gemeingefühle veranlassen. Hieher gehört (ausser vielen organischen Muskeln, die sich, wie z. B. die Gefässmuskeln, geradezu indifferent verhalten) das Herz. Wir fühlen nichts von seinen Bewegungen, heftige und plötzliche Gemüthserregungen oder gewisse Krankheiten des Herzens ausgenommen.

453. Gemeingefühle der Skeletmuskeln.

Unter den Empfindungen, welche die Muskeln des Skelets, namentlich der Gliedmaassen, uns verschaffen, sind hervorzuheben: die mit den verschiedenen Anstrengungsgraden der Muskeln verbundenen Gemeingefühle. Auch hier legen wir die betreffenden Muskelgefühle, den Verhältnissen entsprechend, vollkommen

richtig aus. Spannen wir nämlich unsere Muskeln an, so haben wir eine starke Empfindung in diesen selbst; leisten wir aber einem äusseren Drucke Widerstand, so verlegen wir die Empfindung nicht in die thätigen Muskeln, sondern wir fühlen deutlich die Schwere des Gegenstandes. Diese Objectivirung des Muskelgefühls ist um so reiner, je kräftiger der Muskel; mit zunehmender Ermüdung werden wir uns immer mehr unseres eigenen Empfindungszustandes bewusst und am Ende ist letzterer allein noch vorhanden. In Krankheiten ist dieses Vermögen häufig sehr beeinträchtigt und der eigene Empfindungszustand schlägt auffallend vor.

Wir kennen die Lage unseres Körpers, die gegenseitigen Stellungen der Glieder u. s. w. sehr genau und zwar sowohl, nachdem wir selbst die Glieder aktiv bewegt haben, als auch wenn dieselben uns von Anderen in bestimmte Lagen gebracht worden sind. Jede einzelne Stellung also verschafft uns ein bestimmtes Gesammtgefühl und zwar werden wir uns im ersten Fall bewusst der aktiven Thätigkeitsgrade der Muskeln, im zweiten dagegen der (schwachen) passiven Spannungen und Abspannungen, welche die nicht-thätigen Muskeln der, durch äussere Einwirkung, in eine bestimmte Lage gebrachten Körpertheile erfahren. Diese Muskelgefühle sind von eingreifender Wichtigkeit beim Stehen und Gehen; sie ermöglichen vorzugsweise das Aequilibriren des Körpers.

Das Gefühl des Wohlbefindens (Euphorie), einer gewissen Leichtigkeit unseres Körpers und der Gliedmaassen ist ausschliesslich ein Muskelgefühl; sein Gegentheil ist die in Krankheiten sehr häufig, aber auch bei Gesunden nicht selten vorkommende Empfindung von Schwere der Glieder.

Das Wohlgefühl kommt nicht bloss bei Muskelstarken vor; jeder, selbst der Schwache, kennt es, ja es kann sich sogar im Verlauf schwerer Krankheiten einstellen beim plötzlichen Besserwerden namentlich des Fiebergrades und nach erquickendem Schlaf.

Verwandt mit dem »Schweregefühl« ist das der Ermüdung, welches in förmliche Schmerzen: die Abgeschlagenheit, übergehen kann. Letztere tritt ein nach Ueberanstrengung der Muskeln; in schwereren fieberhaften Krankheiten dagegen selbst bei vollkommener Körperruhe. Zu den schmerzhaftesten Gemeingefühlen endlich gehören diejenigen, welche mit heftigen tonischen Muskelkrämpfen verbunden sind.

454. Schwindel.

Beim Stehen, Gehen, Sitzen u. s. w. haben wir bestimmte, durch die einzelnen Muskelgruppen bedingte Gemeingefühle, mit welchen sich das Bewusstsein der Stabilität und Sicherheit unserer jeweiligen Körperstellung verbindet. Jede Beeinträchtigung dieser Gemeingefühle bringt Erscheinungen hervor, die unter der gemeinsamen Bezeichnung des Schwindels zusammengefasst werden. In seinen höheren Graden wird der Schwindel sehr belästigend und psychisch beunruhigend; er tritt dann schon nach verhältnissmässig geringfügigen Ver-

anlassungen, z. B. beim Uebergang aus der liegenden in die sitzende Stellung, schnellem Wenden des Kopfes, ein, sodass das Stehen, geschweige Gehen geradezu unmöglich werden. Reflexbewegungen, nämlich Erschlaffung von Sphinctermuskeln, unwillkürlicher Abgang von Excretmassen, Schweiss, Ekel und Brechen stellen sich als häufige Begleiterscheinungen ein.

Der Schwindel ist eines der gewöhnlichsten Krankheitssymptome; er kommt vor in vielen Affektionen des Hirns (Rausch, beginnende Narkose, Congestion des Blutes zum Gehirn, wie auch Blutarmuth des letzteren u. s. w.), ferner in einer Menge anderweitiger, das Gehirn nicht zunächst betreffenden, Krankheitsinsulte, namentlich auch als erstes Symptom des Krankseins überhaupt; endlich in Folge voraufgegangener schwererer Leiden, daher sehr häufig im Anfang der Convalescenz.

Nach längerem Nichtgebrauch der Beinmuskeln, wie es z. B. das Liegen im Bett in Folge eines Beinbruches mit sich bringt, gelingt die vollständige Coordination der Bewegungen häufig ebenfalls nicht, sodass sich Schwindel einstellt, Sensationen, welche auch das Kind beim Gehenlernen zweifelsohne vielfach verspürt.

Eine dritte Veranlassung sind schnelle active oder passive Bewegungen. Wenden wir den Kopf schnell seitwärts, so erscheint das Ruhende als bewegt. Drehen wir uns schnell im Kreis umher (wir nehmen vorerst an bei geschlossenen Augen), so stellt sich, wenn wir wieder ruhig stehen wollen, das Gefühl des Schwindels in hohem Grade ein. Die Drehbewegungen veranlassen wahrscheinlich ungleiche Blutvertheilung, überhaupt unter sich abweichende Zustände in den einzelnen, namentlich den symmetrischen Hirnorganen. Der in Krankheiten, oft ohne jede äussere Veranlassung, entstehende Schwindel dürfte in ähnlichen asymmetrischen Zuständen der Hirnorgane begründet sein.

Das Constanteste des Schwindels ist eine Alteration der Muskelgefühle; dadurch kommt der Befallene in Gefahr, das Gleichgewicht zu verlieren, wesshalb seine Bewegungen, ja selbst Stellungen schwankend und unsicher werden. Der Schwindel ist somit eine durch gewisse Zustände der Nervencentren veranlasste *specifische Alteration der Muskelgefühle*.

455. Scheinbewegungen beim Schwindel.

Wenn das Muskelgemeingefühl sowohl über die Stellungen als die Fortbewegungsweisen unseres Körpers uns richtig belehrt, so ist damit eine Grundbedingung erfüllt zur regelrechten Auffassung auch der räumlichen Relationen der Aussenwelt; das Ruhende erscheint uns ruhend, das Bewegte bewegt. Benachrichtigen uns aber die Muskelgefühle ungenügend oder falsch; glauben wir selbst trotz der Ruhe unseres Körpers, bewegt zu sein, oder machen wir anomale unsichere Ortsbewegungen, die wir ungenau beurtheilen, so wird unsere räumliche Auffassung der Aussenwelt gestört und wir erblicken die

Gesichtsobjecte in leichten Schwankungen oder selbst in anhaltenden starken Scheinbewegungen begriffen. Wir tragen also einen Zustand unseres Körpers über auf die Aussenwelt.

Scheinbewegungen entstehen aber auch, wenn die Sehobjecte uns, bei vollkommener Ruhe des eigenen Körpers, unter gewissen ungewohnten Nebenbedingungen erscheinen; die normalen Muskelgefühle hören auf und es treten unter Umständen selbst heftige Schwindelgefühle ein, welche auch nach Schliessung der Augen fortdauern. Wir können diesen Schwindel, als secundären, dem von unserem Körper selbst ausgehenden primären entgegenstellen. Die hauptsächlichsten Veranlassungen sind: 1) Nachbilder bewegter Gegenstände. Wir betrachten anhaltend Bewegtes, z. B. einen Fluss von der Brücke aus; dann kommt ein Zeitpunkt, wo a) der Fluss stille zu stehen scheint, während wir selbst die Empfindung haben, bewegt zu werden und zwar entgegengesetzt der Stromrichtung (400), oder b) wenn wir den Blick von dem Bewegten weg auf ein Ruhendes werfen, uns letzteres bewegt erscheint. Je schneller diese Scheinbewegungen sind, desto leichter veranlassen sie secundär ein Schwindelgefühl. 2) Unmittelbare Betrachtung schnell bewegter Gegenstände, namentlich wenn sie vieles, unter diesen Verhältnissen aber undeutliches, Detail bieten. Die Betrachtung des rasch dahinfahrenden Eisenbahnzugs in nächster Nähe z. B. verwirrt die sinnliche Auffassung bei jedem Menschen etwas, in Sensibelen kann er förmlich Schwindel erregen. 3) Ungewohnte räumliche Anschauungen. Betrachtet man Gegenstände von grossen Höhen herab, so entsteht das subjective Gefühl des Hinabgezogenwerdens; blickt man umgekehrt hinauf an einem hohen Mastbaum, einem Kirchthurm, einer steilen Felswand, so tritt das Gefühl des Hinaufgezogenwerdens ein; nur der Geübte kann dem widerstehen, sensibelen Menschen wird alsdann schwindelig in hohem Grade.

456. Richtung der Scheinbewegung beim Schwindel.

Drehen wir uns, in aufrechter Stellung bei geschlossenen Augen schnell um die Längsaxe des Körpers, so entsteht ein heftiges Schwindelgefühl; öffnen wir hierauf, nachdem der Körper zur Ruhe gekommen, die Augen, so stellen sich Scheinbewegungen ein. Purkinje hat die Abhängigkeit der Scheinbewegungen von den Körperdrehungen untersucht. Geschieht die Kreisbewegung des Körpers um seine Längsaxe bei irgend welcher Haltung des Kopfes (nach aufwärts, oder gerade nach vorn u. s. w.), immer drehen sich, wenn der Körper wieder stille steht, die Objecte scheinbar in horizontalen Kreisen, jedoch in einer, der Körperdrehung entgegengesetzten Richtung. Nimmt man aber eine andere Haltung des Kopfes an, so ändert sich auch die Richtung der Scheinbewegung, wie die Beispiele der folgenden Tabelle erläutern, bei denen immer vorausgesetzt wird, dass die nach der Drehung angenommene Haltung des Kopfes die gewöhnliche senkrechte sei.

Richtung des Kopfes während der Körperdrehung.	Richtung der Scheinbewegung.
I. Nach Aufwärts.	Die Objecte laufen nach dem Umkreis eines stehenden Rades, dessen Axe in der Mitte des Sehfeldes liegt.
II. Gegen die rechte Schulter, wobei die Körperdrehung nach rechts erfolgt.	Die Objecte laufen von unten nach oben.
III. Gegen die rechte Schulter, wobei die Körperdrehung nach links erfolgt.	Die Objecte laufen von oben nach abwärts.
IV. Schief nach oben.	Schiefe Bahnen.

Daraus leitet Purkinje folgende Regel ab: die Scheinbewegungen geschehen, wenn der Kopf nachträglich eine andere Stellung erhält, immer um die durch den Kopf gelegte Axe, um welche die Drehbewegung erfolgte, jedoch in entgegengesetzter Richtung zur Drehung.

Auch der Tastsinn bedingt unter diesen Verhältnissen entsprechende Täuschungen; man hat nach Purkinje das Gefühl, wenn man sich auf eine Unterlage stützt, dass diese umstürze und zwar nach der Seite hin, nach welcher die Körperdrehung geschah. — Ein Hauptinteresse der Scheinbewegungen liegt darin, dass sie auch in gewissen Hirnaffectionen spontan und ohne vorhergegangene Körperdrehungen auftreten können.

457. Hungergefühl.

In seinen geringeren Graden, als Esslust, ist das Gefühl angenehm; leichte, weder näher beschreibbare noch genauer zu lokalisirende Empfindungen im Epigastrium, wozu noch solche in den Kaumuskeln, sowie verstärkte Absonderung des Speichels hinzukommen. Das von gierigem Verlangen nach Speise begleitende Hungergefühl wird in seinen höheren Graden schmerzhaft; es stellen sich drückende, bohrende, nagende u. s. w. Sensationen in der Magengegend ein.

Beim anhaltenden Hungern steigern sich die nunmehr über das Abdomen überhaupt verbreiteten Schmerzen ins Unerträgliche, um jedoch später übertäubt zu werden von den Empfindungen, welche die vom Hunger verursachten pathologischen Zustände des in hohem Grade geschwächten Gesammtorganismus hervorrufen.

Auf die Gefühle des Hungers und der Sättigung ist zunächst der Anfüllungsgrad des Magens von Einfluss. Nach genügendem Einbringen von Speisen in den Magen tritt das Gefühl der Sättigung ein und zwar zu einer Zeit, wo noch keine erheblichen Mengen Verdauungsprodukte resorbirt sein können; auch vermag das Einbringen unverdaulicher Dinge in den Magen das Hungergefühl etwas zu beschwichtigen. Diese Sensationen sind grossentheils Muskelgefühle und zwar stehen sie mit den, je nach der Füllung des Magens wechselnden passiven Spannungs- und activen Thätigkeitsgraden der Magenmuskulatur in Zusammenhang. Die Muskelschicht des leeren Magens ist erschlafft; beginnt sodann die Peristaltik, so braucht diese nur schwach zu sein, um — bei den nicht in Anspruch genommenen elastischen Kräften der Magenmusku-

latur — bestimmte und eigenthümliche Gefühle zu veranlassen, die sich steigern müssen mit zunehmender Lebhaftigkeit dieser Bewegungen. Am Magen und Darm nüchterner Thiere wurde in der That eine stärkere Peristaltik beobachtet; auch scheint alsdann die Geneigtheit der Verdauungsmuskulatur zu reflectorischen Bewegungen grösser zu sein. Beim vollen Magen dagegen ist die Muskelschicht so gedehnt, dass ihre elastischen Kräfte stark in Anspruch genommen sind; dass Contractionen der Muskeln in diesem Zustand andere Gemeingefühle bedingen als im leeren Organ, liegt nahe, anzunehmen. Uebrigens können auch die sensibelen Nerven der Magenschleimhaut (Vagusfasern) in untergeordneter Weise mitbetheiligt sein; in gewissen Krankheiten der Magenschleimhaut, z. B. Katarrh, ist die Esslust bedeutend gemindert, wobei aber unentschieden ist, ob die Ursache in den Schleimhautnerven selbst liegt. Auch nach Durchschneidung der N. n. vagi können Thiere noch begierig fressen; desshalb sind diese Nerven keine, oder mindestens keine ausschliesslichen Vermittler des Hungergefühls.

Das Hungergefühl kommt, auch bei entsprechenden lokalen Zuständen des Magens, nur zu Stande, wenn der Gesammtorganismus, namentlich die Nervencentren, gewisse, im Speciellen freilich unbekannte, Bedingungen bieten. Desshalb stellt sich der Hunger beim Erwachsenen erst mehrere Stunden nach Beendigung der Magenverdauung ein, sowie auch das Gefühl gemindert oder gar nicht vorhanden sein kann in vielen, namentlich fieberhaften Krankheiten, nach dem Einnehmen mancher Genussmittel, Medicamente (Opium, Tabak u. s. w.).

458. Durstgefühl.

Der Sitz dieser Empfindung, welche das Verlangen nach, meistens kühlenden, Getränken erweckt, ist der Schlund und die Mundhöhle (vorzugsweis Zungenwurzel und Gaumen). Die Empfindung ist besonders lebhaft bei der gegenseitigen Berührung der Organe; sie wird etwa mit den Tastwahrnehmungen des Klebrigen oder Sandigen, Rauhen u. dgl. verglichen. Das Gefühl ist im Gegensatz zur Esslust auch in seinen ganz mässigen Graden kein positiv angenehmes, wogegen die Stillung des Durstes unseren Empfindungszustand unmittelbar mehr befriedigt als die Stillung des Hungers. Längeres Dürsten erregt heftige, beissende, brennende u. s. w. Schmerzen nebst eingreifenden Veränderungen des Gesammtorganismus, wobei, wie beim Hungern der Trieb so mächtig wird, dass selbst ekelhafte Dinge nicht verschmäht werden.

Bedingungen: I. Der objective Nervenreiz, welcher Durstgefühl veranlasst, liegt in dem geminderten Wassergehalt der Mund- und Schlundschleimhaut, deren Befeuchtung überhaupt stark wechselt. Desshalb entsteht mässiges Durstgefühl aus rein örtlichen Ursachen, z. B. Austrocknung der Mundhöhle beim Athmen durch den Mund, oder nach Unterbindung der Speicheldrüsenausführungsgänge (Thiere trinken alsdann nach Bidder mehr als gewöhnlich). Die Trockenheit des Mundes kann aber auch Theilerscheinung

einer Abnahme des Wassergehaltes des Gesammtorganismus sein, welche wiederum mit einem Sinken der Speichelabsonderung verbunden ist. Daher der Durst nach reichlichem Schwitzen, Durchfällen, dem Genuss stark gesalzener Nahrung, indem das im Nahrungsschlauch befindliche Salz dem Blute rasch Wasser entzieht. Der Durst kann, wenigstens vorübergehend, beschwichtigt werden durch Befeuchtung des Mundes mit Wasser, ohne Abschlucken desselben; aber auch die Wassereinverleibung in andere Körperstellen, z. B. den Mastdarm kann von Wirkung sein; Dupuytren gibt an, dass Thiere, die den Sonnenstrahlen anhaltend ausgesetzt waren, nach Injection von Wasser in die Venen den Durst verloren.

II. Erregung bestimmter Nerven. Vielleicht zeichnen sich die Nervenfasern, welche die das Durstgefühl vermittelnden Körperstellen versorgen, dadurch aus, dass sie gegen Schwankungen ihres Wassergehaltes ganz besonders empfindlich sind.

Ob sämmtliche sensibele Nerven der genannten Schleimhautbezirke (Trigeminus, Glossopharyngeus, Vagus) bei dieser Empfindung betheiligt sind, ist ungewiss; Longet fand keine Minderung des Durstes in Hunden, denen er entweder die beiden ersten Nerven, oder den letztgenannten durchschnitten hatte und meint, die Durstempfindung dem Sympathicus zuschreiben zu müssen.

III. Perception der Nervenerregung durch das Sensorium; daher der häufige Mangel an Durst bei krankhaft geminderter Hirnthätigkeit.

Demnach kann es nicht auffallen, dass in zahlreichen Krankheitsfällen Durst besteht trotz vollständiger Durchfeuchtung der Mundhöhle, oder derselbe mangelt bei auffallender Trockenheit des Mundes; alles Belege für den Satz der allgemeinen Sinnesphysiologie, dass die Sinnesnerven und deren Centren auch unabhängig von den gewöhnlichen objectiven Bedingungen der Empfindungen in Erregung kommen können.

459. Ekel.

Dieses, früher für eine alienirte Geschmacksempfindung gehaltene Gefühl ist nach E. H. Weber ein Muskelgemeingefühl, d. h. der mit den unordentlichen, anomalen Contractionszuständen der Pharynx- und Gaumenmuskulatur verbundene Empfindungszustand. Die stärkeren Grade sind Vorläufer und Begleiter des Brechaktes; am heftigsten ist der Ekel, wenn, nach dem Brechen, weitere Brechbewegungen nichts mehr aus dem leeren Magen herausfördern. Diese anomalen Bewegungen der Pharynx- und Gaumenmuskulatur sind:

1) Reflexbewegungen (Stich). Die Veranlassungen sind a) am häufigsten widerliche Gerüche; hierauf folgen b) unangenehme Geschmäcke. In beiden Fällen müssen aber jene specifischen objectiven Sinnesempfindungen getrennt werden von dem begleitenden Gemeingefühl, welches freilich in unserem Empfindungszustand bei Weitem vorschlägt. c) Gewisse ungewohnte mechanische Reize des Hintermundes, z. B. Kitzeln u. s. w. des Gaumensegels, der Zungenwurzel. — Die Geneigtheit zum reflectorischen Ekel wird durch Gewöhnung an jene Gerüche, Geschmäcke u. s. w. bedeutend gemindert, ja ganz beseitigt.

2) Oder sie rühren her von psychischen Ursachen, vor allem von gewissen Gemüthsaffekten.

3) Viele Krankheiten, namentlich der Verdauungsorgane und des Gehirns verursachen Ekel. Die Vermuthung liegt übrigens nahe, dass auch in den Categorien 2. und 3. zuerst anomale Zustände der Schleimhaut des Nahrungsschlauches und seiner Annexa auftreten, welche reflectorisch, ausser der Magen- und Darmmuskulatur, auch noch die Muskeln des Hintermundes in tumultuarische Erregung versetzen.

460. Respiratorische Gemeingefühle.

Das jeweilige Respirationsbedürfniss des Organismus verlangt ein bestimmtes Maass der Erneuerung der Lungenluft. I. In der Norm entsprechen die Athembewegungen, nach Zahl und Tiefe, dem vorhandenen Gaswechsel genau, sowie dieselben alsdann keinerlei Muskelgefühle in uns erregen. Die häufigen Athemzüge z. B. bei (nicht übermässiger) Körperbewegung veranlassen in der That ebensowenig, wie die seltenen im Ruhezustand des Körpers, irgend ein Gemeingefühl. II. Steigern wir willkürlich, d. h. über das Bedürfniss, die Athemzüge, so stellen sich Empfindungen von Muskelanstrengung ein, welche eine gewisse Aehnlichkeit mit den die Athemnoth begleitenden Gefühlen bieten. III. Vermindert man willkürlich die Zahl und Tiefe der Athemzüge, oder hält man den Athem völlig an, so entsteht ein zunehmend peinigenderes, über die ganze Brust sich verbreitendes Gefühl: Athemnoth (Dyspnoe). Der Zustand fordert gebieterisch eine Einathmung, die mit einem angenehmen, erleichternden Gemeingefühl verbunden ist.

Die vom Vagus stammenden sensibelen Lungennerven galten früher als ausschliessliche Vermittler der respiratorischen Gemeingefühle, ja selbst als das Primum movens der Athembewegungen überhaupt; der Vagus vermag aber bloss, wie viele andere Nerven (s. 217—219) die Athembewegungen reflectorisch abzuändern. Auch die Athemgefühle scheinen uns vorzugsweis Muskelgemeingefühle zu sein, obschon wir eine gewisse Betheiligung der Vagusfasern nicht läugnen wollen.

Athemnoth entsteht durch jedwede Behinderung des respiratorischen Gaswechsels zunächst der Sauerstoffzufuhr zum Blut. Entfernte Veranlassungen sind: 1) Willkürliche Minderung der Zahl und Tiefe der Athemzüge. 2) Verschlechterung der Luft. 3) Behinderte Erneuerung der Lungenluft (z. B. ein Band um den Thorax; Unausdehnsamkeit der Bronchien bei Krampf der Bronchialmuskeln u. s. w.) 4) Minderung der athmenden Fläche (in vielen Lungen-, Pleura- und Herzkrankheiten). 5) Unzureichende Funktion des Blutes als Sauerstoffträger. Hieher gehört namentlich die Armuth an Blutkörperchen; daher z. B. die Athemnoth der Bleichsüchtigen schon bei geringen Bewegungen. Aber auch beim normalen Menschen stellt sich während heftiger Körperanstrengungen

Athembeengung ein, da der respiratorische Gaswechsel dem stark gesteigerten Stoffumsatz in den Muskeln jetzt nicht mehr genügt.

Aber auch ohne Beeinträchtigung des Gaswechsels kann Athemnoth (als subjective Dyspnoe) entstehen, in Folge primärer Anomalien im respiratorischen Nervensystem (Nervi vagi? Centren des respiratorischen Gemeingefühls im Gehirn; ganz besonders aber nach unserer Hypothese durch subjective Muskelgefühle der Respirationsmuskulatur). Es kann demnach nicht auffallen, dass die willkürliche, bedeutende und anhaltende, Steigerung der Athembewegungen, trotz freiestem Gaswechsel in den Lungen, Sensationen auslöst, die an die dyspnoëtischen Gefühle erinnern.

XXIII. Stehen und Ortsbewegungen.

461. Allgemeine Bemerkungen.

Die Beine dienen vorzugsweis als Stützen, sowie zur Fortbewegung des Körpers; die Arme dagegen besonders zum Ergreifen von Gegenständen. Die Arme sind mit viel grösserer Beweglichkeit begabt als die unteren Gliedmaassen, so dass wir jede Stelle unserer Körperoberfläche mittelst derselben zu erreichen vermögen. Die Bewegungen, die wir mit den Gliedmaassen ausführen, sind:

1) Vollkommen willkürliche und zwar nach Umfang, Grösse, Dauer, Richtung u. s. w.

2) Anhaltende, zur Erreichung eines besonderen Zweckes (Gehen, Laufen, Tanzen, Schwimmen, Klettern u. s. w., Drehen einer Kurbel; wiederholtes Werfen oder Heben einer Last u. s. w.). Bei allen diesen Aufgaben werden ganz bestimmte, periodisch wiederkehrende Bewegungen vollführt. Das Grundprincip dieser Bewegungen ist thunlichst geringe Muskelanstrengung, wodurch auch eine möglichst lange Fortsetzung der Bewegungen gestattet ist. So lang wir diesem Gesetz gehorchen, sind z. B. unsere unteren Gliedmaassen in der That in die relativ einfacheren Verhältnisse der Fortbewegungsmaschinen zurückversetzt, vor denen sie aber wieder den grossen Vorzug haben, dass die Bewegungen, je nach Bedarf, aufs Schnellste und Mannigfaltigste sich abändern lassen. Wir betrachten hier bloss das Stehen, Gehen und Laufen als die wichtigsten und am meisten maschinenmässig erfolgenden, desshalb auch am besten hinsichtlich ihrer Durchschnittsgesetze gekannten Leistungen.

A. Gelenke des Beines.

462. Hüftgelenk.

Das Hüftgelenk ist eine Arthrodie. Der kugelige Gelenkkopf des Femur liegt nur zur Hälfte in der Pfanne, wird aber in dieser zurückgehalten 1) durch Hülfsapparate des Gelenkes (das den Pfannenrand umgebende Labrum cartilagineum, das Ringband), ganz besonders aber 2) durch den Luftdruck, welcher den Kopf mit einem, das Gewicht des Beines etwas übertreffenden, Druck von etwa 13 Kilogrammen gegen die Pfanne presst. Da somit Luftdruck und Schwere des Beines ziemlich im Gleichgewicht stehen, so kann der Kopf mit geringster Reibung in der Pfanne bewegt werden und das Bein ohne Muskelanstrengung leicht hin und her penduliren, was zur Erleichterung des Gehens beiträgt (Ed. und W. Weber).

Wird von der Beckenseite aus in die Pfanne ein Loch gebohrt, so fällt das Bein aus der Pfanne. Durchschneidet man bei unversehrter Pfanne sämmtliche über das Hüftgelenk gespannte Muskeln und die Kapselmembran, so bleibt der Kopf immer noch zurück, indem das labrum cartilagineum ventilartig das Eindringen von Luft in den inneren Pfannenraum verhütet (W. Weber). Nach Rose, der die Luftdrucktheorie bestreitet, verhalten sich Gelenkkopf und Pfanne wie zwei Adhäsionsplatten, die durch das Bindemittel der Synovia zusammengehalten würden. Beide Gelenkflächen sind jedoch nicht derartig congruent, dass die Adhäsionskraft die Hauptrolle beim Zusammenhalten der Flächen spielen könnte.

Die Bewegungen im Hüftgelenk sind: 1) Beugung und Streckung, etwa 130° betragend; 2) Abduction und die viel geringere Adduction; 3) Rotation

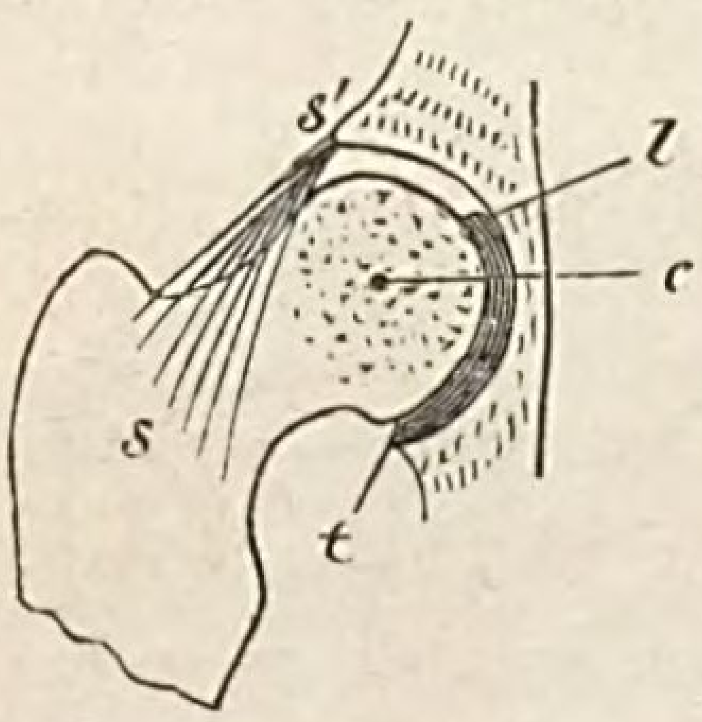


Fig. 132.

des Beines um seine Längsaxe. Das Ligamentum teres, Fig. 132 *t l*, (von der Incisura acetabuli *t* hinauf zum Grübchen *l* des caput femoris) wird gespannt, wenn der Schenkelkopf um seine auf der Papierfläche senkrechte Axe *c* von *l* nach *s'* rotirt, es ist also ein Hemmungsband der Adduction; das Ligamentum superius (vom Vordertheil des oberen Pfannenrandes *s'* zur Linea intertrochanterica anterior *s*), wirkt in gleicher Weise.

463. Kniegelenk.

Die beiden Condyli femoris bilden Gelenkflächen mit Krümmungen von hinten - vorn und von rechts - links. Die zwei Gelenkflächen der Tibia sind fast eben, jede derselben aber mit einer halbmondförmigen nach oben concaven Bandscheibe überzogen, welche zur Vertiefung der Gelenkfläche beiträgt und dadurch zugleich den Druck auf eine grössere Fläche vertheilt, ähnlich dem Kranz, welchen man auf den Kopf setzt um Lasten zu tragen (E. Weber). Das Kniegelenk zeigt zweierlei Bewegungen: I. Drehung um eine horizontale Axe von rechts-links durch die Condyli femoris gelegt; also Beugung mit Rollen

der Condyli nach hinten, Strecken mit Rollen nach vorn. Dabei stehen die Condylen je nur mit einer beschränkten Stelle ihrer Krümmung auf der Tibia, sie müssen sich also von letzterer abwickeln wie ein Wagenrad vom Boden. Die Condylenkrümmung von vorn nach hinten ist aber kein Kreisabschnitt, sie wird hinten stärker und nimmt zugleich schnell zu; demnach kann die Drehaxe für die Streckung und Beugung nicht (wie beim Ginglymus) constant sein, sondern sie muss fortrücken mit den Berührungspunkten. Aber auch die Rollung der Condylen ist keine vollständige, sie wird durch Bänder gehemmt; somit werden die Condylen auf den viel kleineren Tibiaflächen während des Rollens etwas geschleift. II. Drehung des Condylus ext. femoris um den Condylus internus auf der Tibia; dadurch wird Pronation und Supination des Unterschenkels möglich, deren Umfang im günstigsten Fall 40° beträgt; während stärkste Beugung und stärkste Streckung 144° einschliessen.

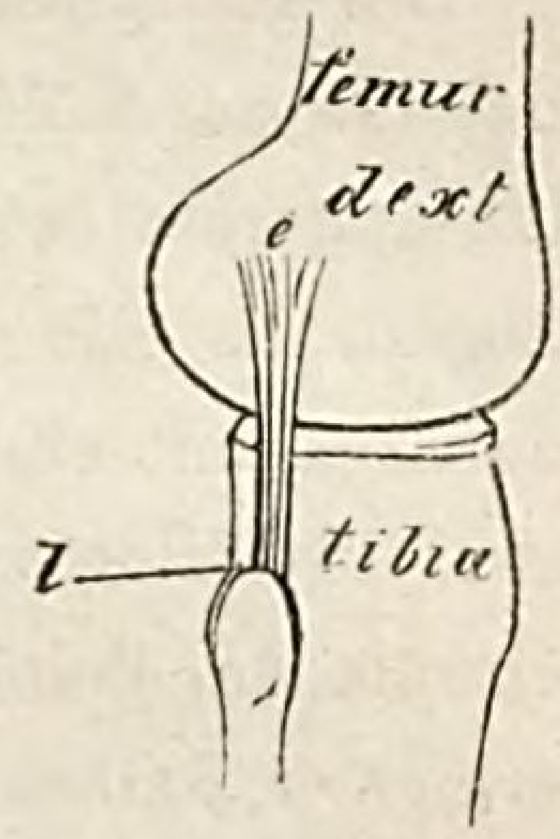


Fig. 133.

Wenn die Condylen des Oberschenkels ihre Lage auf der Tibia ändern, entweder gleichzeitig (nach I), oder indem der äussere um den inneren rollt (nach II), folgen die Bandscheiben, weil sie beweglich und auf der fast ebenen Tibiafläche verschiebbar sind.

Die Seitenbänder, ligam. laterale internum und externum (Fig. 133 *l e*) sind stark gespannt bei gestreckten Beinen; dadurch werden die Gelenkflächen an einander gepresst, das Bein wird zur festen Stütze und es ist nur noch Beugung, nicht aber eine weitere Streckung möglich. Bei der Beugung aber nähern sich die Insertionspunkte der lateralen Bänder, so dass nunmehr auch Pronation und Supination des Unterschenkels ausgeführt werden kann. Die Kreuzbänder: lig. cruciatum anticum (von der Grube vor der eminentia intermedia tibiae nach hinten zur Kniekehlseite des Condylus ext. femoris) und lig. cruciatum posticum (von der Mitte des hinteren Randes der Tibiafläche nach vorn zur Kniekehlseite des Condyl. int. fem.). Wichtig sind nach E. Weber die linearen Anheftungen dieser Bänder am Femur. Diese sind, bei gestrecktem Bein, senkrecht beim cruc. anticum. Fig. 134, 4—3), wagrecht beim cruc. posticum (Fig. 135, 2—3). Bei Beugung im Knie (Fig. 136) steigt 4 des anticum herab, 3 hinauf; gleichzeitig geht (Fig. 137) 2 des cruc. posticum herab, 3 hinauf. Das cruc. postic. ist Hemmungsband für weitere Beugung, das anticum für zu starke Streckung, wo dann aber auch das posticum wieder gespannt ist; die lateralia und cruciata wirken demnach jetzt übereinstimmend. Bei allen Beugestellungen zeigen die cruciata annähernd dieselbe durchschnittliche Totalspannung, wodurch sie die Condylen auf der Tibia festhalten und (wie die lateriala

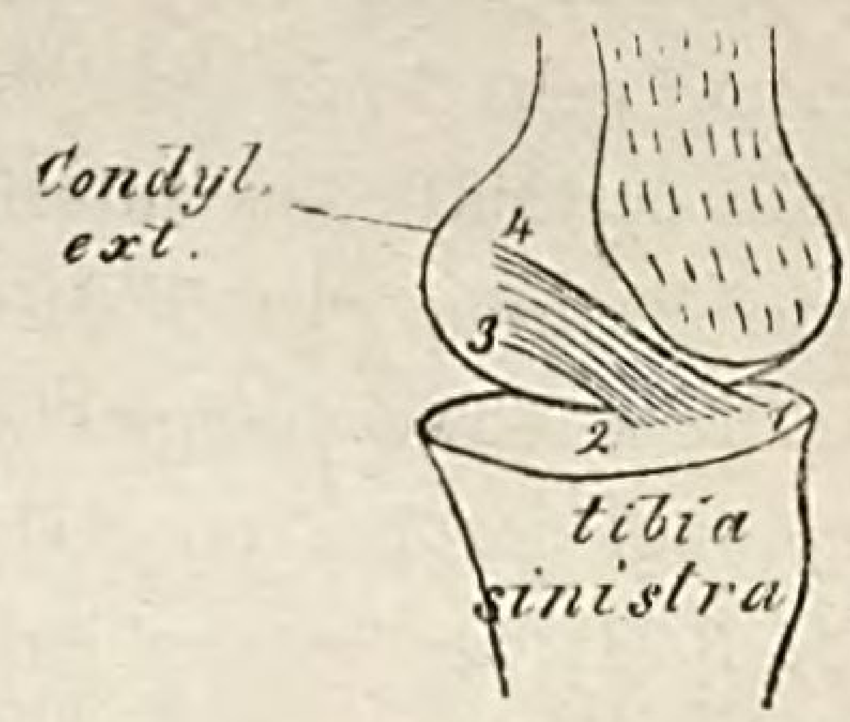


Fig. 134.

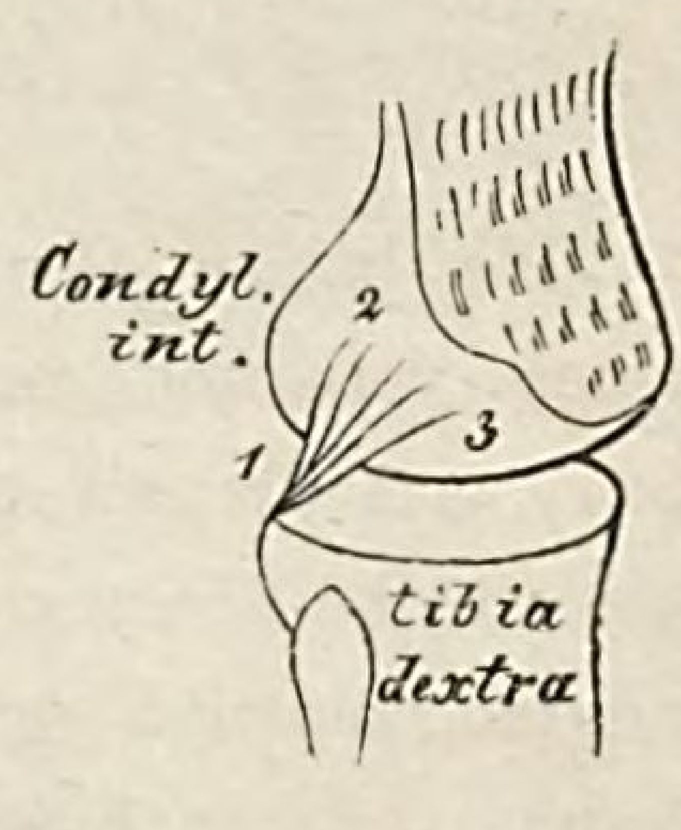


Fig. 135.

bei der Streckung) Verschiebungen derselben auf der Tibia unmöglich machen. Dadurch werden aber auch die Condylen gezwungen zu rollen und zwar, bei zunehmender Spannung des cr. anticum, während der Streckung, nach vorwärts

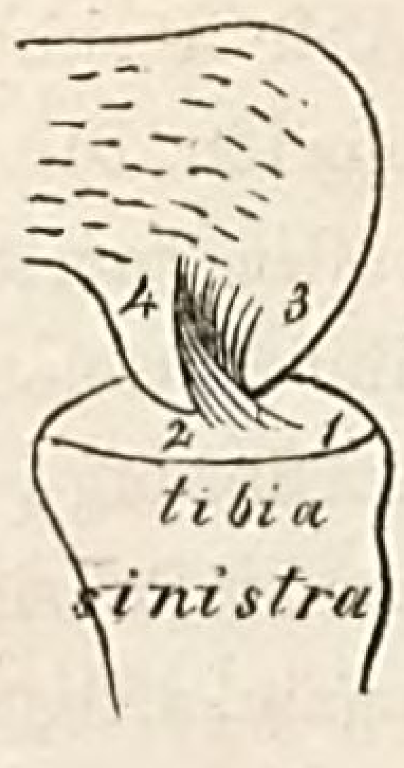


Fig. 136.

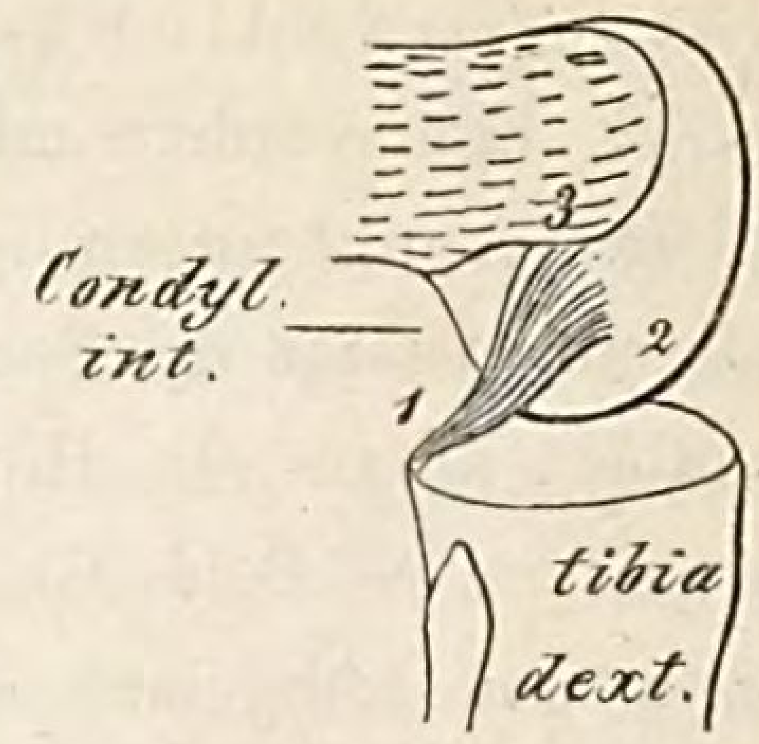


Fig. 137.

und, bei zunehmender Spannung des cr. posticum, während der Beugung, nach rückwärts.

464. Fussgelenke.

Der Fuss bildet eine feste Stütze für die Körperlast, gewährt die so nöthige Sicherheit gegen Stösse und ist gewisser Bewegungen als Ganzes, sowie einiger Formveränderungen fähig, die ihn geschickt machen, sich dem Boden anzuschmiegen und von demselben sich abzuwickeln. Dieses wird durch eine grössere Zahl meist kurzer Knochen und durch starke Bändermassen erreicht. Wir heben bloss die wichtigsten Bewegungen hervor. 1) Oberes Sprungbeingelenk. Die den Gelenkkopf darstellende Rolle des Sprungbeins ist von vorn nach hinten gekrümmt (Fig. 138). Die Gelenkaxe (in Punkt *c*, senkrecht auf der Papierebene) geht horizontal von rechts-links durch die Sprungbeinrolle, etwas unterhalb des Malleolus internus. Die Hauptbewegung des Gelenkes ist Streckung und Beugung des Fusses (über die schwache Schraubenbewegung s. 116. I); seitliche Abweichungen werden verhütet 1) durch die schwache Vertiefung der Sprungbeinrolle von rechts-links, 2) durch die Malleoli ext. und int., welche die Rolle des Sprungbeins zwischen sich nehmen. Die Seitenbänder halten die Gelenkflächen zusammen; jedes derselben (lig. laterale pedis int. (Fig. 138), ausgehend vom malleolus int., und lig. ext., ausgehend vom malleolus ext.),

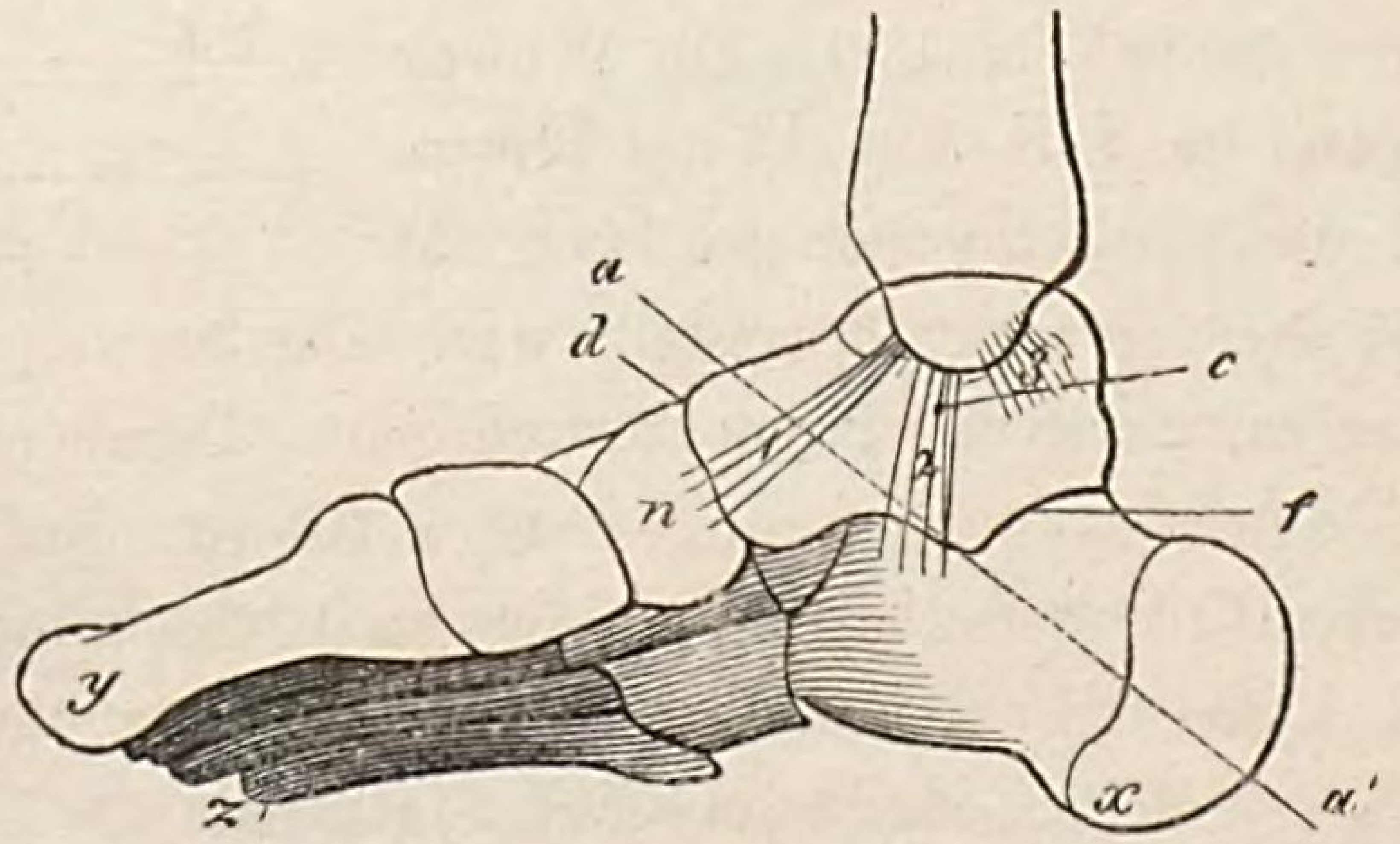


Fig. 138.

geht herab zu den Fusswurzelknochen, wobei es sich spaltet in ein vorderes, mittleres und hinteres Bündel (1, 2, 3 Fig. 138); das vordere setzt der Streckung, das hintere der Beugung des Fusses eine Grenze.

2) Zweites Fussgelenke. Das Sprungbein hat 2 Gelenkverbindungen mit dem Fuss. 1) Eine vordere mit dem Schiffbein (Fig. 138, *d*). Der Gelenkkopf gehört dem Sprungbein an, die Höhle wird gebildet vom Schiffbein (*n*) und dem vorderen Fortsatz des Fersenbeins. 2) Eine hintere Gelenkverbindung mit dem Fersenbein allein (*f*). Hier ist die Hohlfläche im Sprung-, die erhabene Fläche im Fersenbein. — Beide Gelenke setzen, da sie nicht für sich beweglich sind, ein Ganzes, ein Drehgelenk zusammen; die gemeinschaftliche Axe der 2 Gelenke verläuft in der Richtung *a a'* Fig. 138. Die Bewegungen sind: Abduction und Adduction des Fusses; bei letzterer kehrt sich gleichzeitig die Sohlenfläche nach einwärts. Die Hemmung der Bewegung wird weniger durch die entgegengesetzten Krümmungen beider Gelenke, als durch Bandmassen bewirkt.

Die Fusswurzel- und Mittelfussknochen bilden ein Gewölb über dem Fussboden, der Fuss steht bloss an den Punkten *x*, *y*, *z* auf dem Boden. Die Gewölbform ist bedingt durch die Construction der Knochen, ganz besonders aber durch starke Bänder an der Sohlenseite, welche ein Plattdrücken des Fusses durch die Körperlast verhüten. Die erste Reihe der Zehengelenke (Arthrodieen) gestattet beim Gehen ein Abwickeln der Fusssohle vom Boden, wodurch der Fuss auf die Köpfchen der Mittelfussknochen zu stehen kommt. Als Stützen dienen die Zehen nicht, sondern als Anschmiegeapparate an den Boden.

B. Stehen.

465. Schwerpunkt des Körpers.

Die Lage des Schwerpunktes ist von grosser Wichtigkeit beim Stehen und Gehen. Die Höhe des Schwerpunktes des ganzen Körpers bestimmte schon Borelli durch das Aequilibriren des auf ein Brett gelegten Körpers auf einer wagrechten Kante (Fig. 139). Ed. Weber verschob, nachdem der Schwerpunkt des Brettes bestimmt war, die Versuchsperson so lang auf dem Brett, bis Gleichgewicht hergestellt war. Der Schwerpunkt liegt in der Senkrechten *s w*, die durch das Promontorium geht. Durch ein ähnliches Verfahren wurde am Leichnam, nach ausgeschälten Beinen, die Höhe des Rumpfschwerpunkts bestimmt; derselbe fällt in eine durch das untere Ende des Brustbeines oder durch den Schwertfortsatz gegen die Wirbelsäule gezogene Ebene (sie heisse *a* Ebene); der Rumpfschwerpunkt liegt somit hoch über der gemeinschaftlichen Drehungsaxe der Schenkelköpfe. Nimmt man nun an, dass beim

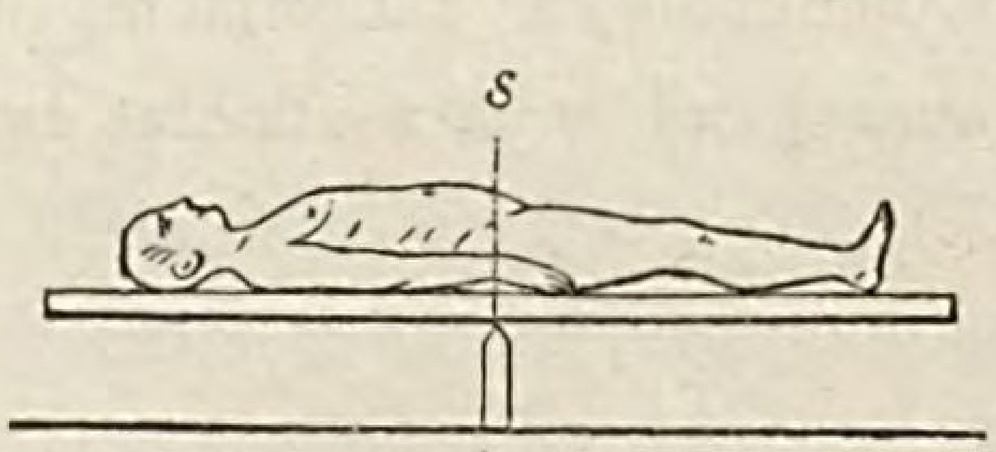


Fig. 139.

aufrechten (militärischen, s. 468) Stehen der Rumpf auf beiden Schenkelköpfen balancirt, so muss der Rumpfschwerpunkt (nahezu) in derjenigen Ebene (*b* Ebene) liegen, die senkrecht durch die Centren beider Schenkelköpfe geht; diesen Centren entspricht der vordere Rand der grossen Trochanteren. Die *b* Ebene wird näherungsweise bestimmt, wenn man neben einem Aufrechtstehenden beiderseits zwei Bleilothe aufhängt in der senkrechten Ebene, in der die beiden genannten Trochanterränder liegen. Diese *b* Ebene durchschneidet die Zizenfortsätze der Schläfenbeine. Zieht man in der *b* Ebene eine Senkrechte, von welcher die symmetrischen Theile des Körpers links und rechts gleich weit abstehen, so trifft diese Senkrechte die *a* Ebene in einem Punkt: dem Schwerpunkt des Rumpfes. Dieser läge somit zwischen Schwertfortsatz und 8. Brustwirbel, etwa 50 Millimeter von letzterem entfernt (E. Weber).

466. Steifung des Beines.

Beim Stehen handelt es sich vor Allem um Festigkeit (möglichst geringe Körperschwankungen), Ausdauer und Bequemlichkeit der Stellung. Diejenigen unter den sehr mannigfaltigen Steharten sind die zweckmässigeren, welche diese Aufgaben am besten erfüllen. Die Grundbedingung des Tragens der Körperlast durch das Bein ist Umwandlung desselben in eine steife Stütze, wobei zugleich der Schwerpunkt des Körpers annähernd senkrecht über dem Fussgelenk liegt. Die Steifung ist in zweierlei Weise herstellbar:

1) Die beweglichen Abtheilungen des Beines werden durch Muskelthätigkeit steif gehalten, wobei dieselben sehr verschiedene Winkelstellungen gegen einander einnehmen können. Ein bestimmtes Stehen dieser Art ist immer nur vorübergehend zu behaupten, da die Muskeln bald ermüden. Auf diese Stehweisen, als nichtnatürliche, gehen wir nicht näher ein.

2) Gewisse Gelenke werden durch anderweitige Mittel als durch Muskelkraft im Maximo ihrer Streckung, also in einer einzigen ganz bestimmten und längere Zeit zu behauptenden Stellung erhalten (Ed. Weber). Diess geschieht durch Verlegung des Rumpfschwerpunktes etwas ausserhalb der senkrechten Ebene, in der die Drehaxe des betreffenden Gelenkes liegt und zwar in der Richtung der Streckbewegung des letzteren. Dadurch bilden zwei, sonst beweglich an einander stossende Abtheilungen eine steife Verbindung. Alle Beingelenke sind beim Stehen auf diese Art gesteift, mit Ausnahme des ersten Fussgelenkes; der Rumpf und das steife, stehende Bein balanciren demnach auf dem Astragalus.

Zur Ermittelung der Stabilitätsgrade der verschiedenen Stehweisen bedient sich Vierordt eines einfachen graphischen Verfahrens. Der auf dem Rumpf unbeweglich gehaltene Kopf trägt auf dem Scheitel einen senkrechten Pinsel, welcher auf einer, über dem Kopf horizontal befestigten, berussten Glasplatte, den Körperschwankungen entsprechend, nach einer bestimmten Zeit eine Figur von gewisser Form und Grösse aufzeichnet. Vorrichtungen zur Selbstregistrirung der einzelnen Schwankungen wären für ein genaueres Eindringen in die Physiologie des Stehens unerlässlich.

467. Balancirung des Beines.

Die labile Aufstellung des gesteiften Beines auf dem Astragalus ist kein Nachtheil, wie man gewöhnlich annimmt (und desshalb auf Mittel sinnt, wie auch dieses Gelenk möglichst steif gemacht werden könne!), sondern ein wesentlicher Vortheil für das Stehen, aber nur unter der Bedingung, dass Einrichtungen vorhanden sind, die uns nicht nur benachrichtigen, wenn das Gleichgewicht anfängt verloren zu gehen, sondern auch gestatten, das verlorene Gleichgewicht mit geringster Anwendung von Muskelkräften sogleich wieder herzustellen (Vierordt). Die Benachrichtigungsmittel sind folgende:

1) Muskelgefühle. Wir sind uns der Lagen unserer Körpertheile genau bewusst vermöge der durch die Muskeln vermittelten Gemeingefühle. Unser Urtheil hierüber ist aber gerade beim Stehen so ausserordentlich begünstigt, weil sämmtliche Körpertheile, bei ihrem Balancement auf dem Astragalus übereinstimmende, d. h. concentrische passive Bewegungen vollführen und somit harmonirende, gewissermaassen durch ihre Multiplikation deutlicher werdende Muskelgefühle veranlassen. Diese letzteren belehren uns augenblicklich über das verloren gehende Gleichgewicht und sind um so feiner, je weniger die Muskeln angestrengt werden.

Diese Gefühle, die auch Gefühle des Gleichgewichts und des gestörten Gleichgewichtes genannt werden können, sind specifischer Natur, wie so viele andere Muskelgefühle. In vielen Kranken, sowie speciell bei Krankheiten der Nervencentren, zeigen sie die mannigfaltigsten Abnormitäten, zusammengefasst unter dem Trivialnamen: Schwindel. Daher die Unsicherheit des Gehens und selbst Stehens in solchen Fällen.

2) Drucksinn und Ortssinn der Sohlenhaut. Bei Veränderungen des Gleichgewichts werden verschiedene Stellen der Sohlenhaut und zwar mit verschiedenen Belastungen gedrückt. Der Druck nimmt zu an diesen und gleichzeitig ab an jenen Stellen der Haut derselben Sohle, so wie er beim ungleichmässigen Stehen auf beiden Füssen bald mehr die Sohle des rechten, bald mehr die des linken Fusses trifft. Die Wölbung der Sohle, d. h. das Aufstehen derselben nur mit bestimmten Stellen (Fersbein, Köpfchen des 1. und 5. Mittelfussknochens) begünstigt die Schärfe der Empfindungen auf der Sohlenhaut.

3) Gesichtssinn. Fixiren wir einen ruhenden Gegenstand, so werden wir von Schwankungen unseres Körpers sogleich benachrichtigt, indem wir die Lageveränderungen des fixirten Objectes gegen den Hintergrund wahrnehmen.

Wird der Tastsinn der Sohlenhaut durch ein Lokalbad von kaltem Wasser gemindert, so nehmen die Körperschwankungen erheblich zu (Heyd). Die Leistungen des Sehsinnes für die Erkenntniss des verloren gehenden Gleichgewichts sind sehr viel geringer, als die der zwei erstgenannten Hülfsmittel. Wir können ja auch im Dunkel oder bei geschlossenen Augen sicher stehen, jedoch mit etwas grösseren Körperschwankungen als bei offenen Augen. Beim Stehen ausschliesslich auf einem Fuss greift aber dieses Hülfsmittel viel merklicher ein. Geradezu unentbehrlich endlich ist das Auge für das Stehen und Gehen in höheren Graden der als Tabes dorsalis bezeichneten Rückenmarksleiden.

468. Aufrechtes Stehen.

Dasselbe verlangt, wie erörtert, eine Steifung des die Körperlast tragenden Beines im Knie- und Hüftgelenk ohne Anwendung von Muskelkraft. Die hieher gehörigen mannigfaltigen Stehweisen können wir in 2 Gruppen theilen:

1) Vorzugsweises Stehen auf einem Bein. (Position hanchée; die deutsche Sprache hat für diese gewöhnlichste aller Stehweisen keine Bezeichnung.) Das die Körperlast ausschliesslich tragende Bein ist gestreckt und der gemeinsame Schwerpunkt des Körpers senkrecht (so nehmen wir vorläufig an) über dem Fussgelenk dieses Beines, also der Rumpf etwas nach dieser Seite geneigt. Das andere Bein wird leicht auf den Boden gesetzt und zwar am besten vor das stützende Bein: ausserdem ist es schwach gebeugt im Knie- und Hüftgelenk. Es trägt demnach die Körperlast nicht. Der Körperschwerpunkt wird aus der oben bezeichneten Lage um ein Minimum in der Richtung gegen das schwach aufgesetzte Bein verlegt; leise Streckungen des letzteren im Knie stellen die Gleichgewichtslage, wenn sie gestört wird, sogleich wieder her.

Die Hauptarten dieses Stehens, auf die wir nicht näher eingehen, werden bestimmt 1) von dem Winkel, welchen die Längsaxen beider Fusssohlen zwischen sich einschliessen, und 2) vom Abstande beider Beine.

2) Gleichmässiges Stehen auf beiden Beinen. Die symmetrischen Theile des Körpers liegen hier gleichweit ab von der senkrechten Medianebene, welche den Körper in eine rechte und linke Hälfte theilt. Diese Stehweisen können somit auch symmetrische, im Gegensatz zu den asymmetrischen der ersten Gruppe, genannt werden. Von den manchfachen hier möglichen Anordnungen (die namentlich von der Grösse der Spreizung der Beine und des von den beiden Fusssohlen eingeschlossenen Winkels abhängen) soll nur das Prototyp hervorgehoben werden: die steife, »militärische« Stellung. Dieses Stehen verlangt gleichmässiges Aufstehen beider Fusssohlen auf dem Boden; gleichmässige Vertheilung der Körperlast auf beide in ihren Hüft- und Kniegelenken in starre Stützen verwandelten Beine; senkrechte Lage des Schwerpunkts des Körpers über dem von beiden Füssen begrenzten Theil des Bodens.

469. Natürliche Stehweise.

Die beste Aufrechtstellung ist diejenige, bei welcher 1) Knie und Hüfte des stützenden Beines im Maximo der Steifung verharren; 2) eine möglichst geringe Muskelanstrengung beansprucht wird und 3) wir über das verloren gehende Gleichgewicht sogleich benachrichtigt werden, indem die oben erwähnten Aequilibrirungsgefühle unter die günstigsten Nebenbedingungen gestellt sind; und wenn 4) das Gleichgewicht schnellstens und mit kleinstem Kraftaufwand wieder gewonnen werden kann. Diese Stehweise muss demnach die sicherste (die kleinsten Körperschwankungen zeigende), die am längsten zu

behauptende und (weil mit geringster Ermüdung verbunden) die von den Menschen allgemein und unwillkürlich gewählte sein. Alle diese Anforderungen erfüllt das vorzugsweise Stehen auf einem Bein sehr viel mehr als das symmetrische Stehen. Die hauptsächlichsten Vortheile der position hanchée sind:

1) Grössere Steifung in Knie und Hüfte des stützenden Beins, verursacht durch den Druck des Rumpfgewichts ausschliesslich auf dieses Bein. Beide Gelenke sind nahezu oder völlig im Maximo der Streckung.

2) Bei der symmetrischen Stellung wird das Vorwärtsfallen der Unterschenkel namentlich durch die Wadenmuskeln verhütet, wobei zugleich, da diese die Kniee beugen würden, die Kniestrecker wirken müssen. Bei der unsymmetrischen Stellung aber sind die Wadenmuskeln des tragenden Beines viel weniger, die des leicht aufgesetzten gar nicht, angestrengt, da a) das zweite Bein etwas vorgesetzt wird und somit das Vorwärtsfallen sogleich hemmt, und b) die Aktion des zweiten Beines bloss in ganz schwacher Zusammenziehung der Kniestrecker besteht.

3) Bei der symmetrischen Stellung sind die Angriffspunkte der Muskeln (Wadenmuskeln), welche das Vorwärtsfallen des Körpers aufhalten, dem Fussgelenke verhältnissmässig nahe. Die asymmetrische Stellung aber bietet den grossen Vortheil, dass das zweite Bein, wenn es sich im Knie streckt, um den nach vorn überfallenden Körper zurückzuführen, seinen Angriffspunkt hoch oben hat, d. h. weit entfernt vom Fussgelenk, sodass die, das verlorene Gleichgewicht herstellende, Muskelthätigkeit unter sehr viel günstigeren Hebelverhältnissen wirkt.

4) Bei der asymmetrischen Stellung übt das den Körper nicht tragende Bein nur einen sehr geringen Druck auf den Boden; denn beim Beginne des Ueberfallens des Körpers vermag ein Druck von bloss 6—8 Kilogrammen auf den Boden die Gleichgewichtslage wieder herzustellen (Vierordt). Dieses Bein kann also auf den Boden drücken mit einem Gewicht, das geringer ist als sein eigenes; mit anderen Worten: die das verlorene Gleichgewicht wiederherstellende Muskulatur (Kniestrecker) arbeitet unter fast vollständiger Entlastung, die Wadenmuskulatur beim symmetrischen Stehen dagegen bei viel stärkerer Belastung.

5) Beim unsymmetrischen Stehen ist das Druckgefühl der Sohlenhaut des nichttragenden Beines in entschiedenstem Vortheil.

Da (nach 4) der Druck dieses Beines auf den Boden höchst gering ist, so wird er beim leisesten Ueberfallen relativ bedeutend vermehrt, was nicht der Fall sein kann beim symmetrischen Stehen. Da wir, nach E. H. Weber, schon Druckunterschiede von $^1/_{40}$ wahrnehmen (306), so muss bereits ein minimes Ueberfallen des Körpers von der Sohlenhaut des nichttragenden Beines empfunden werden.

6) Die Aequilibrirungsgefühle der Muskeln sind beim unsymmetrischen Stehen begünstigt, weil die Muskeln viel weniger angestrengt sind.

7) Die Körperschwankungen sind viel geringer beim asymmetrischen Stehen.

Beifolgende Figuren geben Proben der, am Scheitel gemessenen, Schwankungen bei

den verschiedenen Stellungen u. s. w., nach der 466 angegebenen Methode. Das * bezeichnet die Anfangsstellung des Pinsels. Die Versuchszeit betrug immer 3 Minuten; bei Verlängerung derselben würden die Vorzüge der asymmetrischen Stellungen noch mehr hervortreten.

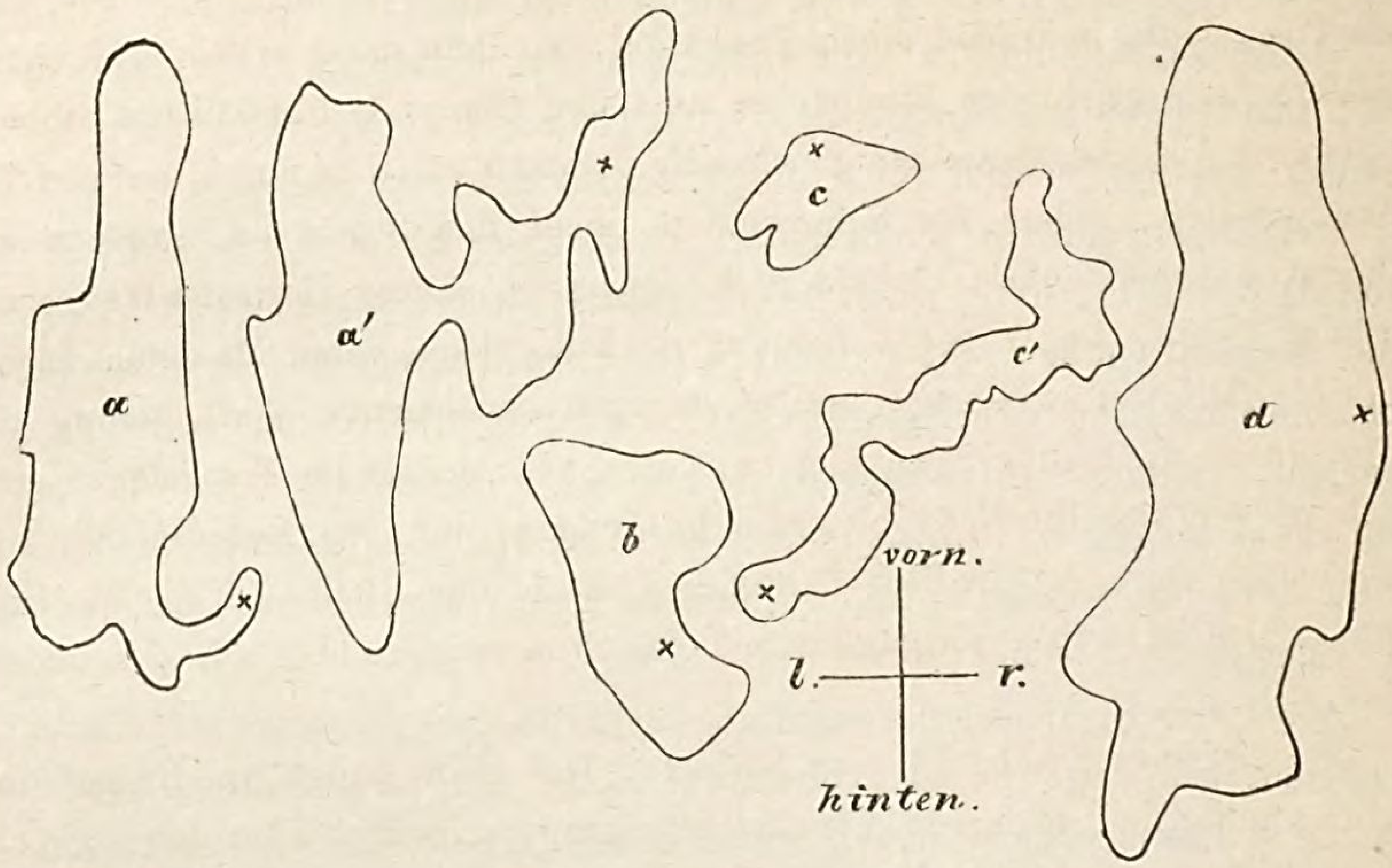


Fig. 140.

Figur 140 *a* militärische Stellung; *a′* ebenso, aber mit geschlossenen Augen; *b* position hanchée (das rechte Bein ist das tragende); *c* Sitzen; *c′* Sitzen bei geschlossenen Augen; *d* Stehenauf einem (rechten) Fuss.

C. Gehen.

470. Activer und passiver Zustand des Beines.

Die Beine dienen beim Gehen der doppelten Aufgabe des Stützens und Vorwärtsschiebens des Rumpfes. Sie wechseln dabei in der Art ab, dass dass eine Bein den genannten Forderungen, unter Verbrauch von Muskelkraft, entspricht, während das andere bei gleichzeitiger Erschlaffung seiner Muskeln am Rumpf hängt. Jedes Bein kommt also abwechselnd in den activen und passiven Zustand.

Die älteren, vielfach unvollkommenen Untersuchungen von Borelli, Barthez u. s. w., über das Gehen und Laufen haben den, hier besonders leicht möglichen Fehler, das Unwesentliche oder selbst Unzweckmässige einzelner individuellen Gangarten als die Hauptsache anzusehen, nicht gehörig vermieden. Die nur der messenden Methode zugängliche Ermittelung der wichtigsten Erscheinungen der Fortbewegungen des Körpers und deren mechanische Theorie verdankt man W. und Ed. Weber.

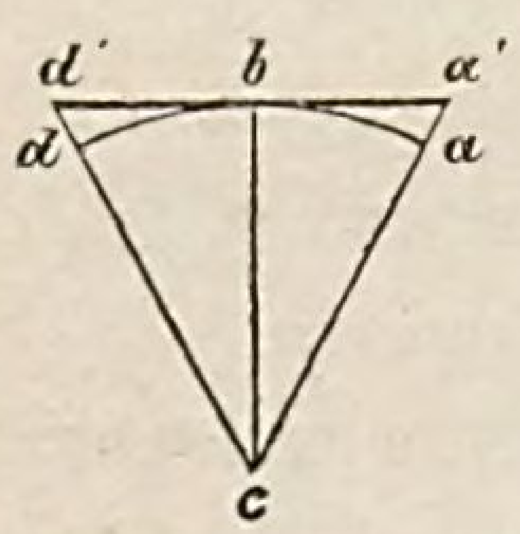


Fig. 141.

I. Activer Zustand: Das Bein wird auf den Boden gesetzt und bewegt sich um seinen Stützpunkt (Fig. 141 *c*) von hinten nach vorn (wir wollen vorerst einfach annehmen in dem Bogen *a d*). Dabei kommt es der Reihe nach in folgende 3 Lagen: 1) der Schenkelkopf, (Schwerpunkt des Körpers) steht hinter dem Fussgelenk *c*, also in irgend einem

Punkt des Bogens *a b*. Den Rumpf kann es jetzt noch nicht stützen, diese Verrichtung vollführt noch das andere Bein. 2) Der Schenkelkopf steht senkrecht über dem Fussgelenk (*b c*); jetzt beginnt der active Zustand, aber in dieser Lage nur als Tragen der Körperlast. 3) Der Schenkelkopf steht vor dem Fussgelenk, in irgend einem Punkt *b d*; das Bein dabei erhält eine immer schiefere Lage gegen den Rumpf; es muss den Rumpf 1) fortwährend stützen, 2) als neue Aufgabe, denselben gleichzeitig vorwärts schieben und 3) auf gleicher Höhe erhalten, sodass der Schenkelkopf nicht den Bogen *a d*, sondern annähernd die horizontale Gerade *a' d'* beschreibt. Diese Horizontalbewegung verlangt 1) auf dem Weg *a' b* Biegung im Kniegelenk, deren Maximum in die Lage *b c* fällt; 2) zwischen *b* und *d'* dagegen zunehmende Verlängerung des Beins, durch wachsende Streckung im Knie- und hierauf im Fussgelenk. Dadurch wickelt sich die Fusssohle, die bisher ganz auf dem Boden stand, von hinten nach vorn ab. Endlich steht der Fuss auf dem Ballen (*d' c*), das Bein kann sich nicht weiter verlängern und das Stützen geht über auf das andere Bein.

II. Passiver Zustand des Beines: Das Bein hängt am Rumpf und nimmt somit Theil an dessen Vorwärtsbewegung, schwingt aber dabei gleichzeitig von hinten nach vorn. Diese Schwingung ist ermöglicht durch die Beweglichkeit des Hüftgelenks; sie geschieht ohne Muskelbetheiligung einfach nach dem Pendelgesetz. Desshalb hängt die Schwingungsdauer ab von der Beinlänge und der Art, wie die Masse des Beines vertheilt ist, sowie sie auch bei demselben Menschen fast dieselbe ist, die Schwingung mag gross oder klein sein. Durch die schwingende Bewegung wird erzielt 1) Kraftersparung während der Muskelruhe; 2) grössere Regelmässigkeit der Schritte, sodass das Bein nach einer gewissen Zeit sicher vorwärts geschwungen ist und die stützende Rolle sogleich übernehmen kann.

471. Gleichzeitige Zustände beider Beine.

Beim allerschnellsten Gehen steht jeweils nur ein Bein auf dem Boden; es schwingt also das eine Bein die ganze Zeit, während das andere stützt und schiebt. Die passive Periode sei ⌒, die active —, so haben wir das Schema Fig. 142 für diesen einfachsten Wechselzustand, wobei das in beiden Beinen gleichzeitig Geschehende vertikal unter einander kommt. Der passive und active Zustand zeigen also dieselbe Dauer. Bei allen anderen, d. h. geringeren Geschwindigkeiten kommt noch ein Zeitraum hinzu, während welches beide Beine den Boden berühren. Dieser beginnt mit dem Aufsetzen des vorderen Beines auf den Boden und endet mit dem Abheben des hinteren Beines; die Abwicklung der Fusssohle vom Boden fällt in diese Zeit. Bei sehr langsamem Gehen dauert diese Periode (s. Fig. 143, *x*) etwa halb so lange als diejenige,

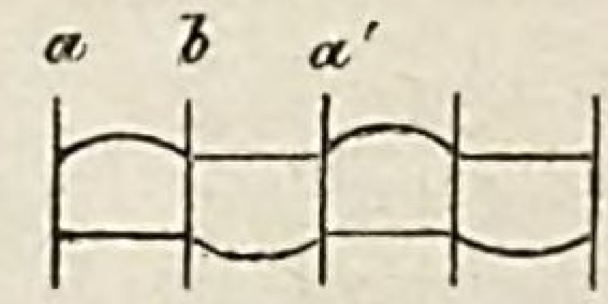


Fig. 142.

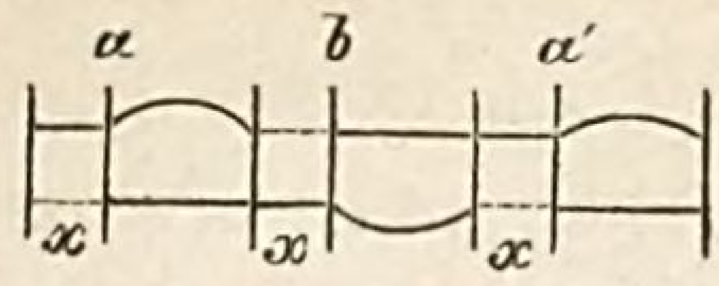


Fig. 143.

während welcher nur ein Bein aufsteht; sie wird bei schnellerem Gang immer kürzer. In der, ein sehr langsames Gehen ausdrückenden Figur 143 sei Periode des vorn aufgesetzten noch nicht stemmenden Beines, das übrige aber wie Figur 142. Beide Figuren zeigen, dass ein Bein den activen und passiven Zustand einmal (*a* bis *a'*) durchgemacht hat in der Zeit eines Doppelschrittes. Ein einfacher Schritt aber liegt innerhalb der 2 Momente, wo die Stützpunkte beider Beine nach einander senkrecht unter dem Schenkelkopf stehen (*a*—*b*).

472. Nebenerscheinungen beim Gehen.

Der vorwärts bewegte Rumpf findet Widerstand in der Luft, daher seine Vorwärtsneigung, ähnlich wie beim Balancement eines bloss an seinem unteren Ende unterstützten fortbewegten Stabes. Dabei steht der Rumpf im labilen Gleichgewicht auf den Schenkelköpfen und die Rumpfneigung geschieht ohne active Muskelthätigkeit. — Der Rumpf wird annähernd gleich hoch getragen, er zeigt nur kleine senkrechte Schwankungen. Hört gegen das Ende des Stützens die Streckkraft plötzlich auf, so sinkt der Rumpf ein Moment, um ebensoviel gehoben zu werden, wenn das andere Bein senkrecht unter den Rumpf kommt. — Geht man mit auf der Brust gekreuzten Armen, so macht der Rumpf kleine Horizontaldrehungen um den Schenkelkopf des stemmenden Beines von hinten nach vorn. Sie werden verursacht durch das nach vorn schwingende Bein, gewöhnlich jedoch gemindert oder verhütet durch Rückwärtsschwingung des gleichseitigen Armes und das Vorwärtsschwingen des anderseitigen Armes.

473. Geschwindigkeit des Gehens.

Die Geschwindigkeit vermehren wir durch Vergrösserung der Länge und Zahl der Schritte; dabei tragen wir die Schenkelköpfe um so niederer, je schneller wir gehen. Mit letzterer Grunderscheinung hängen alle übrigen Eigenthümlichkeiten des schnellen und langsamen Ganges unmittelbar zusammen. Für den schnellen Gang ist bezeichnend: 1) Der Schenkelkopf steht nieder; das Bein kann also aus der senkrechten Lage stärker entfernt werden, desshalb werden die Schritte grösser. 2) Das stark geneigte stemmende Bein kann den Rumpf minder leicht stützen als das weniger geneigte, also muss seine Streckung schnell geschehen. Ebenso muss das schwingende Bein fertig sein mit einer Schwingung, wenn das Strecken des stemmenden Beines aufhört; die Schwingung wird also früher unterbrochen als beim langsamen Gehen. Beide Ursachen verkleinern die Schrittdauer. 3) Das Schwingen des Beines wird früher unterbrochen, h. h. das schwingende Bein wird aufgesetzt, wenn es wenig über die senkrechte Lage nach vorn hinaus ist. Also kommt sein Schenkelkopf rascher

senkrecht über den Fuss und das andere, bisher active, Bein kann den Boden früher verlassen, also: der Zeitraum, wo beide Beine aufstehen, ist sehr kurz (beim allerschnellsten Gehen = 0). 4) Der Rumpf ist stärker nach vorwärts gebeugt.

Da beim allerschnellsten Gehen das schwingende Bein aufgesetzt wird, wenn es senkrecht steht und die Zeit des Auftretens mit beiden Beinen = 0 ist, so folgt: die Schrittdauer des schnellstens Gehens ist = der halben Schwingungszeit des Beines. — Die Schrittlänge des schnellsten Gehens ist = dem Raum, der überspannt werden muss vom gestreckten hinteren Bein, während das vordere senkrecht steht, plus der Länge der abgewickelten Fusssohle, oder mit andern Worten: halb so gross als die grösste Spannweite beider Beine plus der Länge der Fusssohle. — Also haben Dauer und Länge der Schritte, d. h. die Geschwindigkeit des Gehens eine Grenze, die durch die Mechanik des Apparates bestimmt wird. Auch gibt es beim ungezwungenen Gehen für jede Schrittdauer eine bestimmte Schrittlänge und umgekehrt.

Die Beziehungen zwischen Schrittdauer und Schrittlänge bei verschieden schnellem Gehen sind aus nachstehenden Weber'schen Versuchen ersichtlich:

Schrittdauer in Sekunden:	Schrittlänge	Sekunden-geschwindigkeit
	in Millimetern:	
0,335	851	2397
0,417	804	1928
0,480	790	1646
0,562	724	1288
0,604	668	1106
0,668	629	942
0,846	530	627
0,966	448	464
1,050	398	379

D. Laufen.

474. Wesentliche Eigenschaften.

Die Streckkräfte des stemmenden Beines wirken viel stärker als beim Gehen, dadurch erhält der Körper eine Wurfbewegung, während welcher beide Beine in der Luft schweben, zum wesentlichsten Unterschied vom Gehen, wo der Rumpf unausgesetzt unterstützt wird. Während des Schwebens nehmen die Beine Theil an der Vorwärtsbewegung des Rumpfes, die Schrittlänge kann also grösser werden als die grösste Spannweite der Beine (beim schnellsten Gehen) erlaubt. Ausserdem schwingen während des Schwebens beide Beine vorwärts; das vordere Bein wird — wenigstens beim Eillauf — aufgesetzt, wenn es in die vertikale Lage kommt, d. h. am Ende dieses Schrittes; das hintere Bein aber wird erst am Ende des nächsten Schrittes aufgesetzt, es schwingt also fort während des ganzen nächsten Schrittes. Durch diese Ausführung eines Theiles der Schwingung während des vorhergehenden Schrittes wird die Schrittdauer kürzer als die mit dem Laufen verbundene Schwingungszeit des Beines. Die kräftigen Streckungen erfordern stärkere Biegungen des Beines, wenn der Fusspunkt senkrecht unter dem Schenkelkopf steht; letzterer wird also tiefer getragen als beim Gehen. Die Wurfbewegung geschieht in parabolischer Bahn, die zerlegt werden kann in eine horizontale und vertikale Richtung, oder auch

in eine steigende (Anfang) und fallende (Ende) Periode; daher die Eintheilung in Eil- und Sprunglauf.

475. Eillauf.

Die senkrechten Schwankungen des Körpers sind gering, oft selbst geringer als beim Gehen. Der aktive Zustand des Beines dauert, zum Unterschied vom Gehen, kürzer als der passive. Die Schwingung des Beines wird unterbrochen, wenn dasselbe in die senkrechte Lage kommt, d. h. nach ½ Pendelbewegung. Fig. 144 zeigt: dass der aktive Zustand (*a*) und der passive (*b*, *a'*, *b'*) eines Beines die Zeit eines Doppelschrittes gerade ausfüllen; ferner, dass die Schrittdauer zerfällt in die längere Periode (*a*) des Stützens, während welcher der Körper auf einem Bein ruht, und die kürzere (*b*) des Schwebens beider Beine. W. und Ed. Weber erhielten folgende Mittelwerthe bei verschiedenen Laufgeschwindigkeiten:

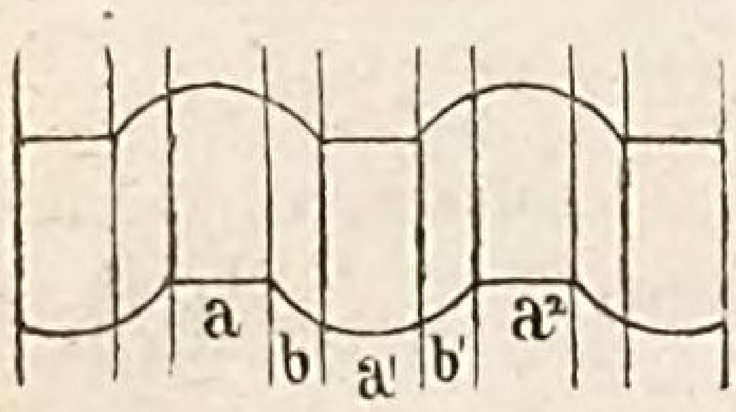


Fig. 144.

	Schrittdauer in Sekunden:	Schrittlänge in Millimetern:	Sekundengeschwindigkeit in Millimetern:
1)	0,262	1670	6380
2)	0,268	1542	5745
3)	0,292	1284	4383
4)	0,314	1138	3623
5)	0,326	934	2862
6)	0,303	718	2367
7)	0,304	519	1706
8)	0,305	416	1364
9)	0,301	315	1047.

Schnellläufer bewegen sich mit einer Sekundengeschwindigkeit von 4½ bis selbst (sehr kurze Laufzeiten vorausgesetzt) 9 Metern.

Aus der Tabelle folgt: 1) die Schrittlänge, also auch die Excursionsweite des schwingenden Beines, wachst bedeutend mit zunehmender Geschwindigkeit. Je grösser letztere, desto tiefer wird der Schenkelkopf getragen, desto mehr ist das stemmende Bein gebogen, desto stärker können dessen Streckmuskeln wirken, desto grösser also die Schnittlängen werden.

Eine übermässige Steigerung der Streckkräfte könnte zwar die Wurfbewegung bedeutend verstärken, aber das Herabfallen würde mehr Zeit fordern, als die Schrittdauer gestattet; dadurch ist auch dem Eillauf ein Maximum (Zeile 1 obiger Tabelle) gesetzt: etwa das Dreifache des allerschnellsten Gehens.

2) Die Schrittdauer aber ist bei verschiedenen Laufgeschwindigkeiten sehr viel weniger verschieden; sie ist nie grösser als die Zeit von ½ Pendelschwingung. 3) Es gibt Laufgeschwindigkeiten (Zeile 7—9 der Tabelle), die geringer sind, andere, die grösser sind, (Zeile 1 und folgende) als die grösste Gehgeschwindigkeit. Also kommt ein Punkt, wo die Geschwindigkeiten des Gehens und Laufens gleich sind. Dann aber ist überhaupt kein Unterschied zwischen beiden Fortbewegungsweisen mehr vorhanden, denn die Länge und Dauer der Schritte ist nun in beiden Fällen gleich; es muss also beim allerschnellsten Gehen die Zeit, wo beide Beine stehen, oder bei der fraglichen

Geschwindigkeit des Laufens die Zeit, wo beide Beine schweben, = 0 geworden sein. 4) Fig. 144 zeigt, dass die Zeit der Pendelschwingung beim Laufen = ist der Dauer eines Eilschrittes ($a' + b'$ obere Reihe) plus der Zeit (b), wo beide Beine schweben. Also ergänzen sich beide Zeiten beim Laufen, dasselbe sei schnell oder langsam, immer zur Dauer von $^1/_2$ Pendelschwingung. Desshalb fällt die längste Schrittdauer beim Laufen ungefähr in Zeile 5 der Tabelle, da hier die Zeit des Schwebens beider Beine (b oder b') = 0 ist. 5) Abwärts und aufwärts von diesem Punkt nehmen die Zeiten, wo beide Beine schweben, immer mehr zu. Wird nämlich α) das Laufen zunehmend langsamer als das schnellste Gehen, so wird der Schenkelkopf immer höher getragen, das stemmende Bein also durch den geworfenen Rumpf immer früher vom Boden erhoben und somit der Zeitraum zwischen Heben des stemmenden Beines und Auftreten des anderen auf den Boden (d. h. der Zeitraum b) immer mehr vergrössert. Wird dagegen β) das Laufen zunehmend schneller als das schnellste Gehen, so wird der Schenkelkopf immer niederer getragen, die Streckkräfte wirken immer stärker, die Wurfbewegung nach vorwärts nimmt immer mehr zu, das stemmende Bein wird also immer früher vom Boden erhoben und kann zunehmend länger mit dem vorderen Bein gleichzeitig schwingen.

476. Sprunglauf.

Der Körper erhält kräftigere Wurfbewegungen, desshalb können 1) die Schritte länger sein als beim Eillauf, während 2) die Erhebungen vom Boden immer grösser sind als bei letzterem. Zum Herabfallen braucht aber der Körper mehr Zeit, die Schrittdauer ist also grösser. Daraus folgt, dass das schwingende Bein nicht dann schon aufgesetzt werden kann, wenn sein Fuss senkrecht unter dem Schenkelkopf steht; es schwingt also weiter nach vorn und wird erst auf den Boden gesetzt, wenn es seine grösste Excursionsweite erreicht hat, d. h. nach Vollendung einer ganzen Pendelschwingung. Nach dem Aufsetzen des Fusses kann aber das Bein noch nicht stützen; der Rumpf und obere Theil des aufgesetzten Beines bewegen sich mittlerweile weiter nach vorn, bis der Schenkelkopf senkrecht steht über dem Fuss. Jetzt erst kann dieses Bein stützen, (beim Eillauf dagegen stützt das aufgesetzte Bein sogleich). Während eines Doppelschrittes macht das Bein sämmtliche Zustände durch; 1) Stemmung (Fig. 145, obere Reihe a), 2) ganze Schwingung (b-c-d-e), 3) Bodenberührung ohne Stemmung (f mit . . . angedeutet). Die Schrittdauer wird ausgefüllt durch 1) Stemmung, 2) gleichzeitige Schwingung beider Beine, 3) Schwingung eines Beines, Aufsetzen (ohne Stemmen) des andern (also a, b, c der Figur). Die Figur zeigt, dass Schrittdauer plus der Zeit des Schwebens beider Beine = ist der Schwingungszeit eines Beines, also ist die Schrittdauer kleiner als

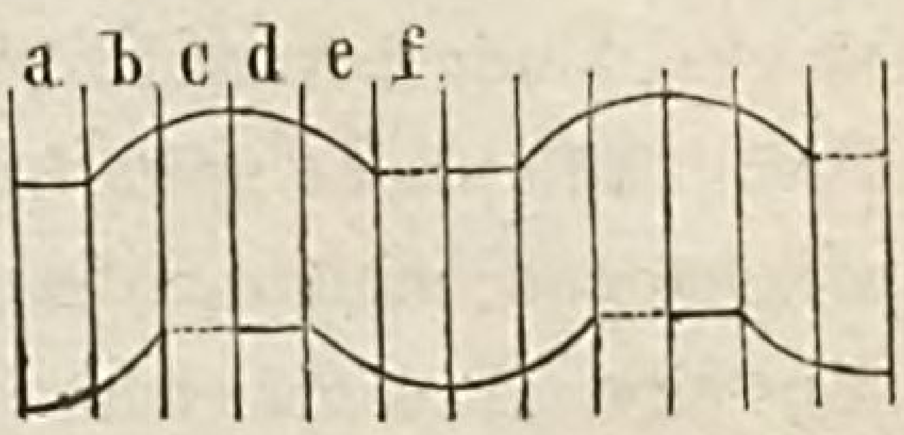


Fig. 145.

eine ganze Pendelschwingung. Die Zeit des Stemmens kann nur sehr kurz sein, da die Streckung, um eine starke Wurfbewegung zu erreichen, sehr schnell geschieht. Während des Stemmens wird der Schenkelkopf vorwärts bewegt, der stemmende Fuss zeigt also am Ende des Stemmens einen gewissen Horizontalabstand vom Schenkelkopf. Während des Schwingens schwingt der Fuss so vorwärts, dass er zuletzt ebenso weit vom Schenkelkopf vorn absteht, als er zu Anfang des Schwingens hinter ihm war. Am Ende aber des dritten Zeitraumes muss der Schenkelkopf senkrecht über dem Fuss stehen, also dieselbe Horizontaldimension durchlaufen wie in der ersten Zeit; die 1. und 3. Zeit müssen somit nahezu gleich sein.

Der Sprunglauf macht weniger athemlos als der Eillauf und wird desshalb öfters zwischen letzteren eingeschoben. Beim Eillauf kann der Körper nicht sogleich angehalten werden, wohl aber beim Sprunglauf, der desshalb auch beim Bergablaufen gewählt wird. Die Grösse der aufeinander folgenden Sprünge kann beim Sprunglauf besser abgeändert werden; desshalb seine Anwendung, wenn wir bestimmte Bodenstellen berühren wollen, die für Gehschritte zu weit entfernt sind.

Die Brüder Weber erhielten folgende Werthe:

Schrittdauer in Sekunden:	Schrittlänge in Millimetern:	Sekunden-geschwindigkeit in Millimetern:
0,460	1243	2702
0,468	1578	3372
0,455	1688	3710
0,411	1809	4402
0,404	1977	4894.

477. Methodik der Untersuchung des Gehens.

Die Versuche werden auf einem, vor Wind geschützten, nicht abhängigen Weg ausgeführt. Der schnelle Wechsel der Bewegungen beim Gehen macht die Untersuchung der Einzelschritte oder gar der Einzelzeiträume jedes Schrittes fast unmöglich. Die Gebrüder Weber griffen desshalb zu dem Mittel der vielfach wiederholten Beobachtung und die meisten ihrer Angaben beziehen sich auf Durchschnittswerthe. Die mittlere Schrittlänge ist der Quotient der Schrittzahlen in die Weglänge; die mittlere Schrittdauer der Quotient der Schrittzahlen in die zum Durchlaufen des ganzen Weges nöthige Zeit. Mittlere Schwingungszeit des Beins: während eines Doppelschrittes schwingt ein Bein 1 mal und steht 1 mal (Fig. 142); zieht man von der bekannten 2fachen Schrittdauer ab die Zeit des Stehens, so erhält man die Schwingungszeit. Zeit des Stehens: der Fuss muss ein in den Boden gelassenes bewegliches Brett schwach niederdrücken, so lang er aufsteht; die Dauer des Niederdrückens lässt man am besten auf das Kymographion verzeichnen. Zeit (des Gehens) wo beide Beine stehen: die Schritt-

dauer plus der Zeit, wo beide Beine stehen, ist = Zeit, wo ein und dasselbe Bein steht (Fig. 143).

Fussverlängerung beim Strecken: Ein Faden wird am vordern Sohlenrand des Fusses befestigt und am Trochanter major mit zwei Fingern bei mässiger Spannung gehalten. Geht man alsdann gleichmässig, so wird die Verlängerung angegeben durch das Stück Faden, das zwischen den Fingern vorgezogen wurde. Vertikalbewegungen des Körpers. Man merkt sich einen Punkt am Rumpf des Gehenden und bestimmt dessen höchsten und niedersten Stand mit dem Fernrohr. Das selbstregistrirende graphische Verfahren dürfte zur Untersuchung des Gehens besonders zu empfehlen sein.

XXIV. Stimme.

A. Physikalische Einleitung.

478. Musikalische Apparate überhaupt.

Die laute Stimme besteht in Tönen von musikalischem Werth. Man hat desshalb von jeher nach Analogieen geforscht zwischen dem als Stimmorgan dienenden Kehlkopf und gewissen musikalischen Instrumenten; letztere bieten den passendsten Ausgangspunkt für die Theorie der Stimmbildung. Aber auch hier wiederholt sich eine Erscheinung, die uns ausnahmslos entgegentritt, wenn wir Leistungen des Organismus mit verwandten Leistungen mechanischer und physikalischer Apparate vergleichen, die grosse Ueberlegenheit nämlich des menschlichen Stimmorganes, des ersten musikalischen Werkzeuges, gegenüber den Instrumenten der Tonkunst. Ein kompendiöses Organ ist ausgestattet mit mannigfaltigen Mitteln zur Veränderung der Höhe, Qualität und Stärke der Töne, sowie mit so zuverlässigen Compensationseinrichtungen, wie es der starre Mechanismus der musikalischen Instrumente nicht entfernt gestattet. Und gleichwohl ist die Produktion der Stimme nur eine Vorrichtung der betreffenden Organe, welche namentlich auch beim Sprechen und dem Athmen eine wichtige Rolle spielen.

Die gewöhnlichen Tonwerkzeuge zerfallen in Saiteninstrumente und Blasinstrumente (Flöten- und Zungenwerke).

479. Saiteninstrumente.

Das primär Tönende sind hier Schwingungen gespannter Saiten, die durch Anschlag oder durch Reiben mit einem gespannten Bogen erzeugt werden. Saiten geben an und für sich nur schwache Töne, werden sie aber mit Resonanzapparaten verbunden, so gerathen letztere in isochrone Schwingungen,

welche den primären Ton bedeutend verstärken. Als Resonatoren werden, und zwar meistens gleichzeitig, benützt: I. Feste Körper von gehöriger Elasticität und passender Form. II. Eingeschlossene Luftmassen; auch diese verstärken den Ton, indem sie in stehende Schwingungen gerathen. Die wichtigsten Aenderungsmittel der Tonhöhen sind: 1) Saitenlänge. Eine in ihrer ganzen Länge schwingende Saite gibt ihren tiefsten Ton (Grundton). Schwingt bloss die Hälfte, oder ein Viertel der Saitenlänge, so erhält man die erste, resp. zweite Oktave des Grundtons. Die Schwingungszahlen verhalten sich also umgekehrt wie die Saitenlängen. Demgemäss benützt die Musik zur Produktion verschiedener Tonhöhen entweder verschieden lange Saiten (Klavier z. B.), oder sie verändert die Saitenlänge durch Andrücken der Saiten auf eine Unterlage (Violine z. B.). 2) Spannung der Saite. Je mehr eine Saite gespannt wird, desto stärker ist ihre bewegende Kraft, desto schneller schwingt sie, desto höher also ist ihr Ton. Um bei einer durch ein Gewicht mässig gespannten Saite den Ton um 1 Oktave, also die Schwingungszahl um das Doppelte zu erhöhen, muss das angehängte Gewicht 4 mal stärker sein. Die Schwingungszahlen sind daher proportional der Quadratwurzel der Spannungen. 3) Dicke der Saiten. Dickere Saiten geben tiefere Töne, und zwar verhalten sich die Schwingungszahlen, alles Uebrige gleichgesetzt, umgekehrt wie die Durchmesser der Saiten. 4) Auch das Material (specifisches Gewicht) der Saite ist von Einfluss. Schwerere Saiten schwingen langsamer und zwar verhalten sich die Schwingungszahlen umgekehrt wie die Quadratwurzeln aus den specifischen Gewichten.

480. Flötenwerke.

Hier ist das wesentlich Tönende die Luft selbst. Die Schwingungen derselben werden erzeugt und unterhalten von Luftstössen (Ausathmungsluft oder Blasbalg), welche, von einem »Mundstück« aus, eine von einer Röhre eingeschlossene Luftsäule in Vibrationen versetzen. Am andern Ende kann die Röhre offen sein oder gedeckt; die Wände derselben schwingen mit, doch sind diese Schwingungen nur von Einfluss auf die Qualität der Töne. Hierher gehören z. B. die Flöte und die gewöhnliche Orgelpfeife. Eine kleine Vertiefung, über deren Oeffnung man mit dem Mund (Mundstück) wegbläst, stellt den einfachsten Typus eines Blasinstrumentes dar.

Der Stoss vom Mundstück aus bewirkt ein momentanes Zurückdrängen der Lufttheilchen am Anfang der Röhre und, vermöge der Elasticität der Theilchen, ein ebenso schnelles Wiederkehren derselben an den früheren Ort. Ein solcher Hin- und Hergang heisst eine ganze Schwingung. Diese Bewegung schreitet rasch weiter gegen das Ende des Rohres und wird dann wieder gegen das Mundstück reflektirt. Ist das Rohr gedeckt, so erfolgt die Reflexion natürlich am Deckel selbst, bei offenen Röhren dagegen erst in der äusseren Luft. Die reflektirten Wellen kreuzen sich mit den, durch das fortgesetzte Anblasen

veranlassten direkten, vom Mundstück gegen das Röhrenende fortschreitenden Wellen. Diese Interferenzen verursachen stehende (315) Wellen von gehöriger Stärke, d. h. hinreichender Excursionsweite der schwingenden Lufttheilchen, um von uns als Töne wahrgenommen werden zu können.

Von hauptsächlichstem Einfluss auf die Tonhöhe sind die Dimensionen des Ansatzrohres (Querschnitt, namentlich aber Länge der Luftsäule) und die Windstärke (Spannung der Lufttheilchen).

I. Röhrenlänge. Der Einfluss derselben auf die Tonhöhe wird zunächst ersichtlich, wenn man die eingeschlossene Luft durch einen, vor das eine Ende der Röhre gehaltenen tönenden Körper, z. B. eine Stimmgabel, in Mitschwingungen versetzt. Der Ton der Gabel wird dann (durch Resonanz) wesentlich verstärkt. Dieses »Mittönen« geschieht im stärksten Grade, wenn die Länge der Luftsäule in bestimmten Verhältnissen steht zur Wellenlänge des einfallenden Tones, was die Akustik aus der Interferenz der direkten und der reflektirten Luftwellen erklärt. Der einfallende Ton wird nämlich verstärkt von solchen gedeckten Röhren, deren Länge $^1/_4$, $^3/_4$, $^5/_4$ u. s. w. der Wellenlänge dieses Tones beträgt; sowie von solchen offenen Röhren, deren Längen $^2/_4$, $^4/_4$, $^6/_4$ u. s. w. der Wellenlänge dieses Tones ausmacht.

Soll ein Luftstoss die von einer Röhre eingeschlossene Luftsäule in stehende Schwingungen, also zum »Selbsttönen« bringen, so muss die Röhre wiederum gewisse Dimensionen haben. Der tiefste Ton (Grundton), den irgend eine gedeckte Röhre gibt, ist nach Obigem derjenige, bei welchem ihre Luftsäule als Viertelswelle schwingt. Die Wellenlängen zweier Töne verhalten sich aber umgekehrt wie deren Schwingungszahlen, also stehen auch die Schwingungszahlen im umgekehrten Verhältniss zu den Röhrenlängen. Die Töne werden desshalb um so höher, je kürzer die Röhren sind.

II. Stärke des Anblasens. Je kräftiger das Anblasen, desto stärker die Spannung der tönenden Luftsäule, desto schneller deren Schwingungen, desto kürzer die Wellenlängen, desto höher die Töne. Desshalb gibt eine Röhre, ausser ihrem Grundton, noch andere Töne. Durch zunehmend verstärktes Blasen erhält man Töne, deren Schwingungszahlen sich bei gedeckten Röhren verhalten wie 1, 3, 5 u. s. w.; bei offenen dagegen wie 1, 2, 3, 4, 5, 6 u. s. w.

481. Zungenwerke.

Bei diesen Blasinstrumenten wird der Luftstrom durch einen schwingenden elastischen Körper, die »Zunge«, bald geöffnet, bald geschlossen. Die Haupttheile sind: 1) Windrohr, welches den Luftstom zuführt; 2) Zunge, ein schwingungsfähiger Körper, verschieden an Form, Grösse und Material, und so gestellt, dass sie in regelmässige Schwingungen gerathen kann. Man verwendet feste Zungen (aus Metall, Holz) und membranöse. 3) Ansatz-

rohr (Corpus), eine irgendwie gestaltete offene Röhre über der Zunge, deren eingeschlossene Luftsäule in Schwingungen versetzt wird.

Der einfachste Apparat der Art ist ein rechteckiges Metallplättchen, das mit einer Seite in einen Rahmen eingefügt ist, während die 3 anderen freien Seiten eine schmale Spalte mit dem Rahmen bilden. Der Luftstoss wird durch den, als Windrohr dienenden Mund bewerkstelligt; ein Ansatzrohr ist nicht vorhanden. Die Mundharmonika besteht aus einer Anzahl solcher Plättchen, von denen jedes für sich angeblasen werden kann. Die Clarinette besitzt eine, Oboe, Fagott zwei einander gegenüberstehende Zungen, die in ein Windrohr (Mundstück) eingesetzt sind, während das lange Ansatzrohr mit seitlichen Löchern versehen ist. Beim Waldhorn, der Trompete und Posaune dienen die Lippen des Bläsers als Zungen.

482. Tonentstehung in Zungenwerken.

Die Zunge gestattet in ihrer Gleichgewichtslage der Luft des Windrohrs nur eine kleine oder gar keine Durchgangsöffnung; sie ist aber nachgiebig befestigt und weicht desshalb dem Druck des Luftstosses aus in der Richtung des Ansatzrohres. Das Ausweichen geschieht mit anfangs grosser, später abnehmender Geschwindigkeit, weil 1) die Elasticität der Zunge zunehmend stärker in Anspruch genommen und 2) die Durchgangsöffnung neben der Zunge immer grösser, also das Hinderniss für das Austreten der Luft zunehmend kleiner und demgemäss auch der zur Bewegung der Zunge verwendete Antheil des Luftstromes immer geringer wird. Die Zunge geht desshalb wieder zurück, wir nehmen der Einfachheit wegen an, bloss bis zu ihrer früheren Gleichgewichtslage und nicht über dieselbe hinaus. Im Verlauf der Rückschwingung wird die Spalte zunehmend enger, desshalb wächst der Einfluss des der Rückschwingung entgegenwirkenden Luftstroms des Windrohres immer mehr. Die Luft tritt demnach aus dem Windrohr, wenn die Zunge erhoben ist, und wird am Austritt gehemmt, wenn die Zunge ihre Gleichgewichtslage eingenommen hat. Dieses Wechselspiel erfolgt schnell; die gespannte Luft des Windrohrs ertheilt demnach der über der Zunge befindlichen, minder gespannten, Luftsäule des Ansatzrohres periodische Stösse. Der Ton entsteht also im Wesentlichen in derselben Weise, wie in den übrigen Blasinstrumenten, d. h. durch Bildung stehender Schwingungen im Ansatzrohr; diese Luftschwingungen können aber (483) zurückwirken auf die Zungenschwingungen.

483. Zungenwerke mit festen Zungen.

Fehlt das Ansatzrohr über der Zunge, so hängt die Tonhöhe ab: 1) von der Elasticitätsgrösse und 2) der Länge der Zunge. Jede Zunge gibt nämlich einen bestimmten Eigenton, der, wie bei elastischen Stäben überhaupt, mit zunehmender Verkürzung der Zunge immer höher wird.

Die Schwingungszahlen von Zungen gleicher Dicke und gleichem Material verhalten sich umgekehrt wie die Quadrate der Zungenlängen; wird also die Zunge um die Hälfte verkürzt, so schwingt sie 4mal schneller, d. h. ihr Ton steigt um 2 Octaven.

Setzt man ein Corpus an, so verändern die Luftschwingungen desselben die Schwingungen der Zunge (W. Weber). Ist das Corpus mässig lang, so wird der Ton nicht merklich verändert; mit allmäliger Verlängerung aber des Corpus vertieft sich der Ton und zwar anfangs langsam, später schnell. Dann kommt ein Punkt, wo der Ton auf die nächst niedere Oktave gesunken ist; jetzt ist das Corpus so lang, dass seine Luftsäule denselben Ton gibt wie der Apparat ohne Corpus. Die Länge des Corpus ist nunmehr gleich der halben Wellenlänge des Tones, den die Zungenpfeife ohne Corpus gibt. Wird letzteres noch mehr verlängert, so entsteht anfangs wiederum der ursprüngliche Ton (ohne Corpus); weitere Verlängerungen aber vertiefen den Ton ebenfalls, jedoch nur um eine Quart, und das Corpus hat nunmehr die doppelte Länge wie bei der Vertiefung des Tones auf eine Octave. Durch allmälige, noch weiter gehende Verlängerung springt der Ton wiederum auf seine ursprüngliche Höhe zurück, um sodann wieder zu fallen, aber nur um eine kleine Terz.

Die Holzblasinstrumente z. B. Clarinette, sind mit seitlichen Löchern versehen; dadurch kann die Länge der schwingenden Luftsäule im Ansatzrohr, also auch die Tonhöhe verändert werden. Ausserdem besitzen diese Instrumente dünne hölzerne Zungen von gehöriger Elasticität, welche durch die Luftschwingungen im Corpus in isochrone Schwingungen versetzt werden. Die dem Eigenton der Zunge entsprechenden (hohen) Töne werden gar nicht benützt. Die Töne der Zungenpfeifen mit Corpus verhalten sich wie die Töne gedeckter Röhren, also wie wenn das Anblasen am offenen Röhrenende geschähe; in Wirklichkeit geschieht aber das Anblasen am geschlossenen Ende, durch die Spalte der Zunge. In Flötenwerken erfolgt das Anblasen continuirlich, in Zungenwerken, vermöge der Zungenschwingungen, stossweise.

Die Stärke des Anblasens ist von Einfluss auf die Stärke und Höhe des Tones; die Clarinette z. B. verhält sich hierbei wie eine gedeckte Pfeife (480. II).

484. Zungenwerke mit membranösen Zungen.

Membranöse Zungen, deren Gesetze J. Müller untersuchte, sind erst schwingungsfähig, wenn sie gespannt werden. Ihr einfachster Typus besteht in einem Rohr (Fig. 146), dessen eines Ende mit einer Membran verdeckt ist, die in der Mitte eine feine Spalte hat. Töne gelingen im Allgemeinen leichter bei engerer Spalte; doch ist die Weite der letzteren ohne Einfluss auf die Tonhöhe. Während die starren Zungen hinsichtlich ihrer Tonveränderungsmittel sich wie elastische Stäbe verhalten, gehorchen die membranösen Zungen im Allgemeinen denselben Gesetzen wie gespannte Saiten, demnach hängt die Tonhöhe zunächst ab von der Länge, Spannung und Dicke der Zungen. Berührt man die Zunge an einer Stelle mit einem festen Körper, so entsteht ein Schwingungsknoten (wie bei einer, durch eine Unterlage getheilten Saite) und der Ton wird bedeutend erhöht. Stärkeres Blasen bewirkt gleichfalls einiges Steigen des Tones.


Fig. 146.

Auch die ungleiche Spannung der die Spalte begrenzenden beiden Membranen ist von Einfluss auf den Ton. Entweder schwingt nur eine Membran: diejenige nämlich, welche (bei der gegebenen Stärke des Luftstroms) die schwingungsfähigere ist. Oder es schwingen beide; dann können je nach Umständen zwei verschiedene Töne, oder in Folge einer Accommodation nur ein Ton entstehen.

Der Ansatz eines Corpus verwickelt auch hier die Bedingungen der Tonentstehung. Verlängert man das Corpus allmälig, so wird der Ton tiefer und zwar fällt er nach und nach durch alle halben Töne, jedoch nicht bis zur nächstniederen Oktave. Bei einer bestimmten Verlängerung (wenn nämlich der Grundton des Corpus dem Grundton des Zungenwerkes ohne Corpus sich nähert) springt der Ton wieder zurück zum Grundton der »Zunge«. Nach weiterer Verlängerung des Corpus sinkt der Ton wieder u. s. w. (J. Müller). Die Verlängerung des Windrohres wirkt auf die Tonhöhe, wie die zunehmende Corpuslänge. Nach Rinne wird der Einfluss der Corpus- und Windrohrlänge besonders deutlich 1) bei Ungleichheit der Spannung beider Membranen und 2) bei Verhinderung der Schwingungen der Aussenränder der Membranen, d. h. je schmaler die, die Spalte begrenzenden, schwingenden Innenränder beider Zungen werden.

Bringt man an der Endöffnung des Corpus einen zunehmend grösseren Verschluss an, so kann der Ton bis zur Quinte sinken. Verstärkung des Anblasens erhöht wiederum den Ton und zwar sehr viel mehr als bei einfachen Zungenwerken ohne Corpus.

Die zusammengesetzten Zungenwerke mit membranösen Zungen weichen demnach nicht bloss von den zusammengesetzten Zungenwerken mit starren Zungen, sondern auch vom Kehlkopf (s. weiter unten) bezüglich der Normen der Tongebung, in manchen Punkten ab.

B. Physiologischer Theil.

485. Versuchsmethode am todten Stimmorgan.

Schon durch Ferrein (1741), vorzugsweise aber von Joh. Müller, welchem Harless, Rinne und Merkel nachfolgten, wurden die Leistungen der Einzelbestandtheile des Stimmapparates am auspräparirten Kehlkopf erforscht. Der Luftstrom wird durch das Zuleitungsrohr *r* mittelst eines Blasbalgs oder der Ausathmungsluft des Experimentators dem Kehlkopf zugeleitet. Die Stärke des Luftstromes misst das in das Zuleitungsrohr eingesetzte Manometer *m*. Zur Herstellung der, für die Stimmbildung nothwendigen Verengerung der Stimmritze sticht man eine Nadel durch die Basis beider Giesskannenknorpel und presst die letzteren an einander mittelst der umschlungenen Naht. Die Hinterwand des Kehlkopfes wird an einem senkrechten Stab befestigt. Zur Spannung der Stimmbänder dient eine Schnur, welche den Schildknorpel nach vorwärts und abwärts zieht; sie wird am Winkel des Schildknorpels befestigt, über eine Rolle geschlagen und mit einer Wagschale (*w*) versehen.

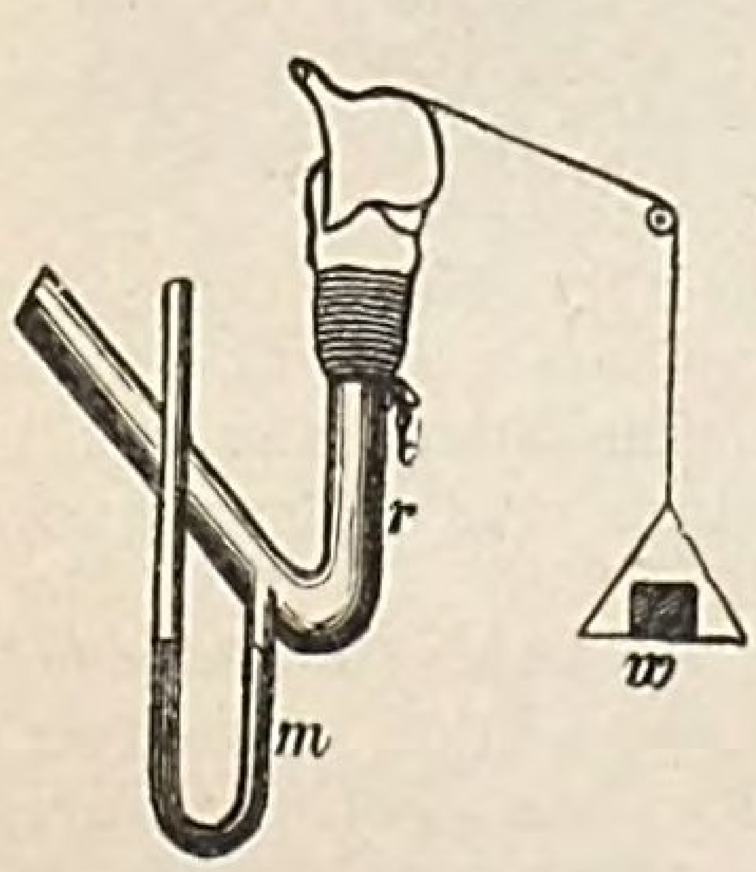


Fig. 147.

486. Untersuchung des Kehlkopfes.

Vivisectionen, Blosslegung der Stimmbänder, Durchschneidungen oder Reizungen der Kehlkopfnerven u. s. w. haben längst werthvolle Beiträge geliefert zur Physiologie der Stimme; dessgleichen einzelne Fälle durchdringender Halsschnittwunden an Menschen, in welchen z. B. die Schwingungen der Stimmbänder, die Formen der Stimmritze bei der Tongebung direkt beobachtet wurden. Der Gesanglehrer Garcia hat einen Kehlkopfspiegel construirt, zur Untersuchung des lebenden Stimmorgans. Ein starkes Lampenlicht *l*, Fig. 148 (noch zweckmässiger das Drummond'sche Kalklicht) fällt auf den Beleuchtungsspiegel *s*, welcher das Licht sodann auf den, durch den weitgeöffneten Mund in den Pharynx gebrachten, mit einer Handhabe versehenen, Metallspiegel *k* wirft. Letzterer reflektirt die Strahlen nach abwärts in den Kehlkopf. Die vom beleuchteten Kehlkopf theilweis zurückgeworfenen Strahlen treffen wieder den Kehlkopfspiegel *k*, welcher sie nach dem Beleuchtungsspiegel *s* wirft. Dieser aber ist in der Mitte durchbohrt und der Beobachter fängt einen Theil der Strahlen auf.

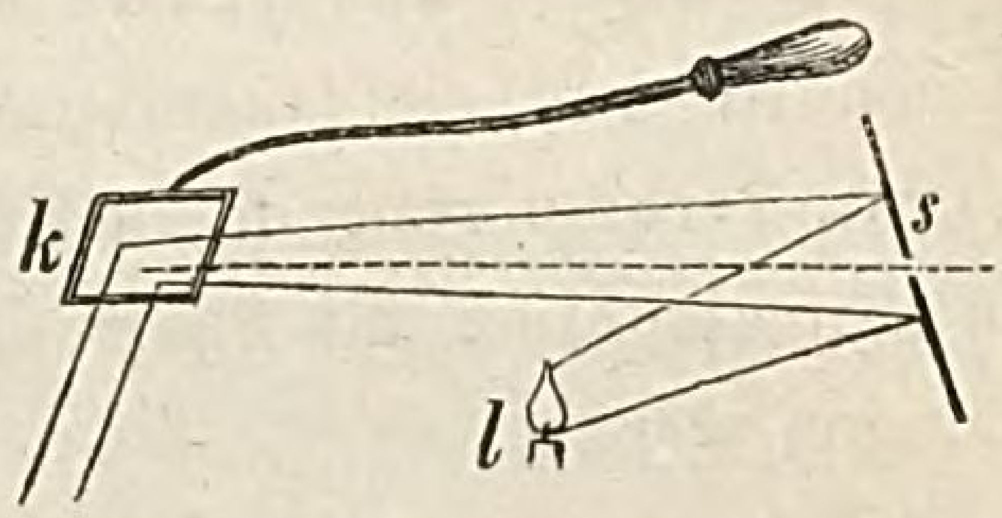


Fig. 148.

Mittelst des Spiegels können der Zungengrund, der freie Rand und die untere Fläche des Kehldeckels, die Giesskannenknorpel, die Stimmbänder fast in ihrem ganzen Verlauf, ein Stück der Schleimhaut der Luftröhre, ja sogar die Theilungsstelle der letzteren, betrachtet werden.

Beim ruhigen Athmen verändert die weit geöffnete Glottis ihre Breite nicht. Die Giesskannenknorpel stehen von einander weit ab und ihre Stimmfortsätze sind divergirend nach vorn und aussen gerichtet; die Glottisspalte bildet eine grosse, vorn zugespitzte, hinten stumpf abgerundete Oeffnung, deren grösster Querdurchmesser in die Gegend der Spitzen der Stimmfortsätze der Giesskannen fällt (Czermak). Der Kehldeckel verbirgt gewöhnlich den Anblick der Theile. Gibt man jedoch einigemal ä, e oder i an, so richtet sich der Kehldeckel in die Höhe und man hat dann, wenn ruhig fortgeathmet wird, den Anblick der Fig. 149. Beim hastigen und angestrengten Einathmen entfernen sich die Stimmbänder von einander, um während der Ausathmung sich wieder mehr zu nähern.

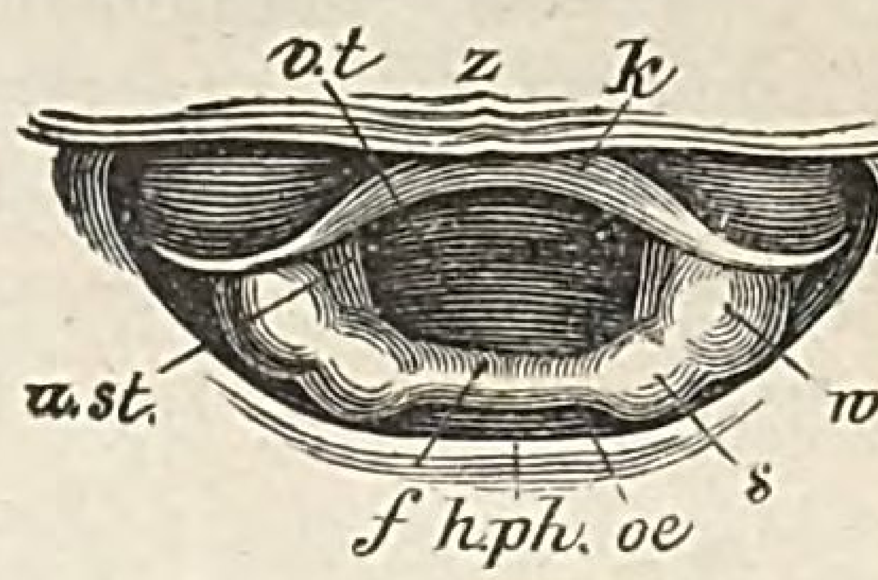


Fig. 149.

Zungenbasis (*z*), Kehldeckel (*k*), hintere Pharynxwand (*h. ph.*), Oesophagus (*oe*), unteres Stimmband (*u. st.*) Stelle des Santorin'schen Knorpels (*s*), die Schleimhautfalte (*f*) zwischen beiden, weit von einander abstehenden Giesskannen. Stelle des Wrisberg'schen Knorpels (*w*), vordere Trachealwand (*v. t.*)

Die Zeichnung ist nach einem Spiegelbild entworfen; die Theile rechts von der Mittellinie entsprechen der linken Seite des Beobachteten und umgekehrt. Was oben

erscheint, liegt in der Wirklichkeit nach vorn; was unten, nach hinten; Aenderungen, die wegen der Symmetrie der Theile ohne Bedeutung sind.

487. Grundbedingung der Stimmgebung.

Keine Klasse musikalischer Instrumente bietet nach J. Müller grössere Aehnlichkeiten mit dem, in manchen Beziehungen allerdings eigenthümlichen, menschlichen Stimmorgan, als die sog. Zungenwerke. Der Stimmapparat zerfällt demnach in drei musikalische Haupttheile: 1) Windrohr: Bronchien und Luftröhre. 2) Zungen: die beiden (unteren) Stimmbänder. 3) Ansatzrohr: Dieses wird gebildet von allen Theilen oberhalb der Stimmbänder, also den oberen Theilen des Kehlkopfes (Morgagni'sche Taschen, sog. obere Stimmbänder), Schlund-, Mund- und Nasenhöhle.

Die Stimmbildung beruht auf regelmässigen, periodischen Explosionen der durch die enge Stimmritze tretenden Luft. Die Luftröhre leitet nämlich die unter einem gewissen Druck stehende Ausathmungsluft gegen die mehr oder weniger gespannten, also schwingungsfähigen, Stimmbänder, die jedoch für sich keine oder höchstens ganz schwache Töne geben. Beide Bänder treten von den Seiten her einander entgegen und verwandeln die Glottis in eine feine Spalte, welche dem Luftaustritt Hindernisse entgegensetzt. Dadurch wird eine zu schnelle Entleerung des Luftvorrathes verhindert und die Möglichkeit gewährt: 1) den Ton längere Zeit anzuhalten und 2) der Luft des Windrohres durch den Druck der Exspirationsmuskulatur eine bestimmte Spannung zu ertheilen. Der Luftstoss drängt die Stimmbänder in die Höhe und etwas auseinander; bei ihrer Rückschwingung verengern wiederum die Bänder die Stimmritze mehr oder weniger. Desshalb entweicht die stärker gespannte Luft des Windrohrs nicht gleichmässig in das Ansatzrohr, sondern in schnellen, periodischen Stössen, deren Häufigkeit von den Schwingungszahlen der Stimmbänder abhängt. Die Stösse versetzen die minder gespannte Luft des Ansatzrohres in regelmässige (stehende, also tönende) Schwingungen.

488. Leistungen des Windrohrs.

Eine gewisse Stärke des Anblasens ist nothwendig zum Hervorbringen selbst der schwächsten Töne; bei grosser Kraftlosigkeit der Athmungsmuskeln geht die Stimme verloren. Cagniard-Latour untersuchte bei einem Manne, der in Folge einer Halswunde mit einer Luftröhrenfistel behaftet war, mittelst des Manometer's (485. Fig. 147 m) die Spannung der Trachealluft. Sie betrug 160 Millimeter Wasserhöhe bei einem mittleren, 200 bei einem hohen Ton von gleicher Stärke; dagegen 945 M. m. bei möglichst lauter Stimmgebung. Der Druck der Ausathmungsluft kann innerhalb sehr weiter Grenzen von uns willkürlich regulirt werden.

Die Stimme hört sogleich auf, wenn in die Luftröhre eine Oeffnung gebracht

wird, durch welche der Luftstrom direkt nach aussen entweicht. (Halswunden; Tracheotomie der Chirurgen.)

Die Wandungen der Luftröhre und Bronchien, ganz vorzugsweise aber die von ihnen eingeschlossenen Luftmassen dienen als Resonanzapparate; sie verstärken durch Mitschwingen die Töne. Menschen mit entwickeltem Brustkorb haben darum kräftige Stimmen. Setzt man an die Trachea des auspräparirten Kehlkopfs Röhren von verschiedener Länge, so nimmt die Tonhöhe nicht wesentlich ab; die Länge des Windrohrs ist also von keinem Einfluss auf die Tonhöhe, zum Unterschied von den künstlichen Zungenwerken (J. Müller).

Bei höheren Tönen steigt der Kehlkopf aufwärts, bei tieferen senkt er sich; das Aufwärtssteigen vermehrt, das Senken dagegen vermindert die Spannung der Luftröhre. Stärker gespannte Membranen geben aber einen höheren und stärkeren, schwächer gespannte einen tieferen und dumpferen Eigenton. Die gespanntere Trachea dürfte vielleicht durch ihre Mitschwingungen die höheren Töne verstärken (Rinne).

489. Stimmritzbildung beim Tongeben.

Selbst beim heftigsten und schnellsten Ausathmen entstehen keine, der Stimme irgendwie vergleichbaren Töne, sondern nur blasende oder keuchende Geräusche in Folge der Reibung der Luft im Kehlkopf und an anderen Stellen der Luftwege. Tonbildung ist immer nur möglich, wenn der Luftstrom regelmässig unterbrochen wird durch die schwingenden Stimmbänder. Diese Grundbedingung verlangt, wie gesagt, die Herstellung einer feinen Stimmritze.

Am todten Kehlkopf kann man, nach Abtragen der unteren Bänder, mittelst der oberen keine Töne erhalten (Joh. Müller). Bei höheren Tönen nähern sich zwar auch die oberen Bänder einander, doch nie in dem Grade, dass dadurch ein zur Tonbildung erforderliches Lufthinderniss hergestellt würde. Nach Entfernung der oberen Bänder gibt das Kehlkopfpräparat immer noch mit Leichtigkeit Töne, aber von etwas anderem Klang. Ebensowenig wird, nach Versuchen an Thieren oder zufälligen Erfahrungen an Menschen mit Halswunden, die Tonhöhe verändert nach Verstümmelung der oberen Bänder. Die unteren Bänder sind demnach unentbehrlich zur Tonerzeugung; sie allein verdienen den Namen Stimmbänder.

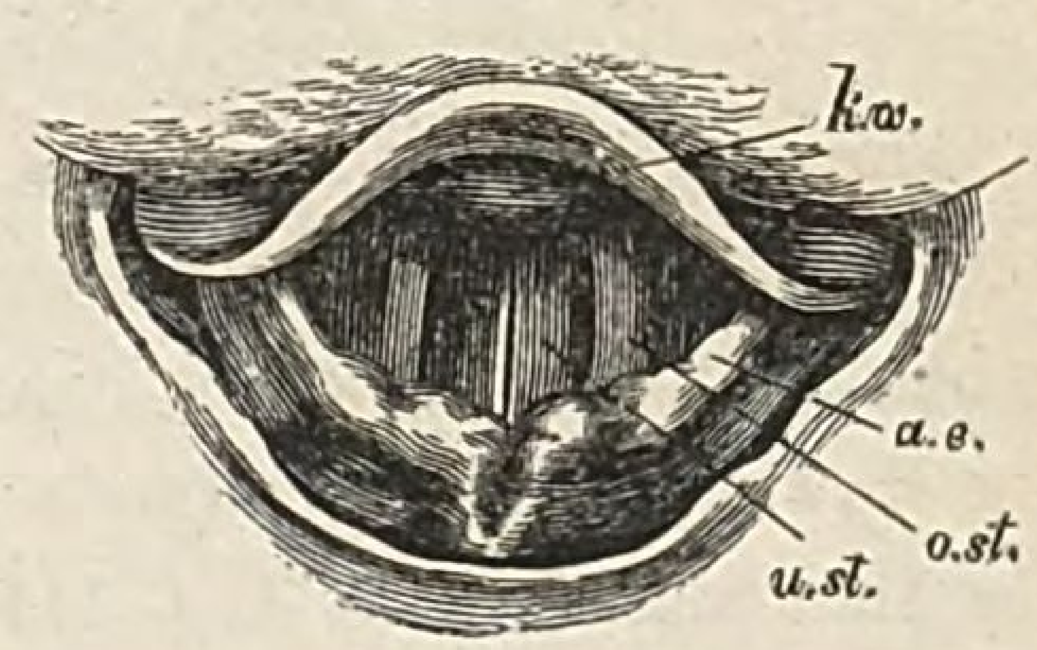


Fig. 150.

o.st. Obere, *u.st.* Untere Stimmbänder. *a.e.* Ligamentum ary-epiglotticum. *k.w.* Wulst an der Unterfläche des Kehldeckels. Die übrigen Theile sind in Fig. 149 erklärt.

Beim Angeben reiner Töne wird der hintere, von den Giesskannen eingeschlossene, Theil des Glottis sehr rasch und vollständig geschlossen durch Anlagerung der inneren Flächen beider Giesskannen (Fig. 153 *g*) an einander. Durch diese Bewegungen der Giesskannen kommen auch die beiden Stimmbänder von beiden Seiten her einander entgegen, sodass der vordere Theil der Glottis in eine Spalte sich verwandelt, die mit zunehmender Tonhöhe feiner und kürzer wird (Garcia).

Figur 150 zeigt die Stellung der Theile, nach Czermak, bei sehr hohen schrillen Tönen; jetzt werden auch die oberen Bänder sichtbar; die unteren sind stark gespannt. Bei tiefen Tönen neigen sich die Giesskannen nach vorwärts unter den Rand des umgelegten Kehldeckels. Die Stimmritze entzieht sich desshalb der Beobachtung um so mehr, je tiefer der Ton ist.

490. Spannung der Stimmbänder.

Unentbehrlich für die Stimmbildung überhaupt ist die gehörige Spannung und Elasticität der Stimmbänder. Ist der Schleimhautüberzug derselben entzündlich geschwellt, mit zähem und dickem Schleim belegt, oder finden Infiltrationen der Bänder mit pathologischen Ausschwitzungsmassen statt, so sind regelrechte Schwingungen nicht mehr möglich. Die Tongebung ist dann mehr oder weniger gehindert, die Töne werden rauh, unangenehm, tiefer; in höheren Graden tritt völlige Stimmlosigkeit ein.

Ausserdem ist erforderlich zur Bildung eines Tones von bestimmter Höhe Unverrückbarkeit der beiden Insertionen der Stimmbänder, wodurch der Spannungsgrad der letzteren in ihrer Längsrichtung unverändert erhalten wird. Die vordere Insertion des Bandes bleibt unverrückt, wenn der Abstand des unteren Randes des Schildknorpels vom obern Rand des vorderen Theiles des Ringknorpels sich nicht ändert. Die hintere Insertion der Stimmbänder bleibt fest, wenn der (je nach der Tonhöhe verschiedene) Winkel, den die Hinterflächen der Giesskannen mit der Hinterfläche der Ringknorpelplatte bildet, sich nicht ändert. Die Spannung der Stimmbänder in der Querrichtung wird zunächst bewirkt durch das Zusammentreten derselben in der Medianlinie, wobei ihre freien Ränder nur eine feine Spalte übrig lassen.

491. Ortsbewegungen der Giesskannenknorpel.

Die Bildung und Oeffnung der Stimmritze ist mit ausgiebigen Ortsbewegungen der Giesskannenknorpel verbunden. Der obere Rand der Platte des Ringknorpels zeigt beiderseits eine kleine ovale Gelenkfläche, die (Fig. 151) von innen und hinten (*b*), nach aussen und vorn (*a*) steil abfällt und in dieser Richtung nahezu gerade verläuft; in der zu *a b* rechtwinkligen Richtung *c d* dagegen, also von der Aussenwand des Ringknorpels gegen dessen Innenwand, ist die Gelenkfläche ziemlich stark convex. Die Gelenkfläche auf der Basis (Muskelfortsatz) des Giesskannenknorpels ist hohl und zwar vorzugsweis nach *c d*, während für die Richtung *a b* (nament-

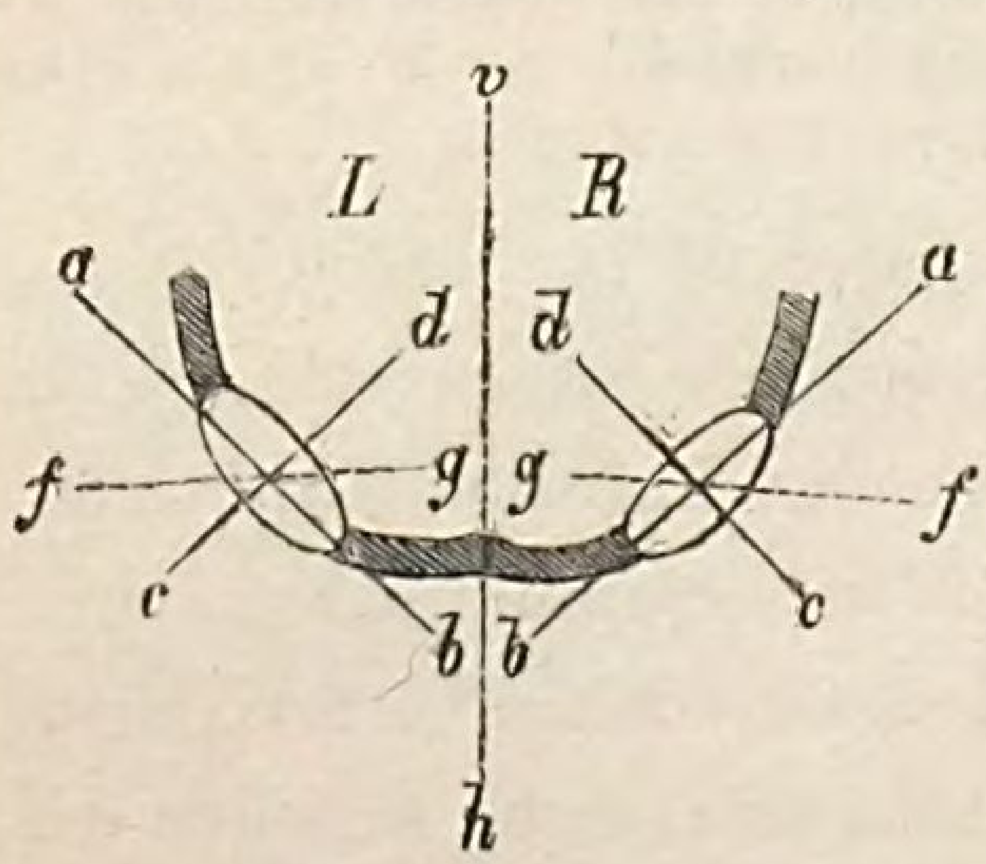


Fig. 151.

Hintere Hälfte des oberen Randes des Ringknorpels. *v h* Medianlinie, *v* vorn, *h* hinten. *L* links, *R* rechts.

lich in der Mitte der Gelenkfläche) nahezu ein geradliniger Verlauf angenommen werden kann.

Die Gelenkflächen beider Knorpel entsprechen einander keineswegs nach Form und Areal; dennoch sind die Berührungen zwischen Giesskanne und Ringknorpel mehr als lineare oder gar punktförmige; welche Muskelanstrengung wäre unter letzteren Bedingungen nöthig, um die hintere Stimmbandinsertion unverrückt zu halten! Nach *a b*, Fig. 151, ist die Ringknorpelfläche ziemlich länger als die der Giesskanne; nach *d c* dagegen ist letztere etwas bevorzugt. Die Gelenkfläche der Giesskanne scheint uns einen Abschnitt einer Schraubenhohlfläche zu bieten; auch dürften die Giesskannenbewegungen häufig schraubenförmig, etwa in der Richtung *g f*, erfolgen.

Die Glottis macht den Uebergang von ihrer gewöhnlichen, offenen Form (Fig. 152 *A*) zur Intonation in 2 Akten; zuerst bildet sich rasch ein mehr oder weniger deutlicher Knick nach einwärts (Fig. 152 *B*), indem der Stimmfortsatz der Giesskanne nach innen rotirt, welcher Bewegung augenblicklich die bleibende Verengerung der Bänderglottis und der Verschluss der Giesskannenglottis nachfolgt (Fig. 153 *A*). Der Uebergang von der Intonation zur Oeffnung geschieht dagegen durch eine rasche Knickbildung nach auswärts (Fig. 153 *B*), worauf rasch die Glottisform *A* Fig. 152 nachfolgt.

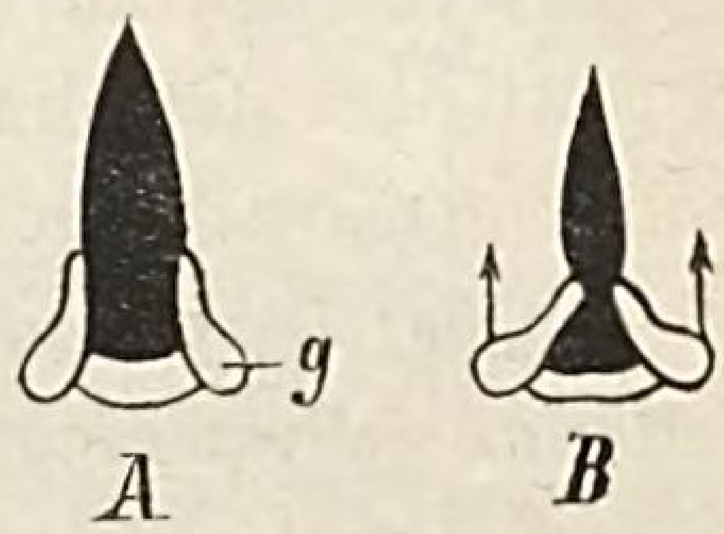


Fig. 152.

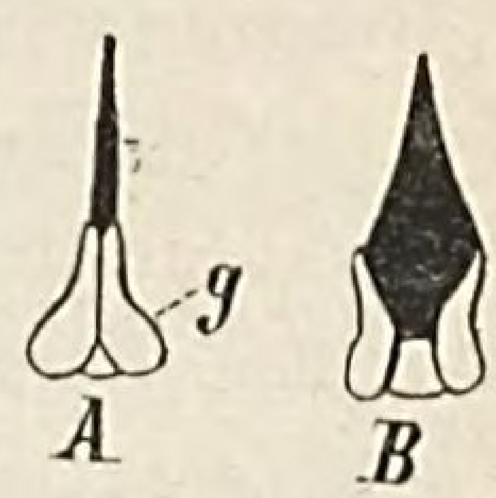


Fig. 153.

492. Tonhöhe.

I. Die Länge der Stimmbänder ist, nach 483, von grossem Einflusse auf die Stimmlage. Ihre Kürze bedingt die hohe Stimmlage des Kindes und Weibes.

II. Breite der Bänder. Die schmäleren Bänder des Weibes und Kindes geben höhere Töne, als die breiteren des Mannes.

III. Die Spannung der Bänder ist das Hauptveränderungsmittel der Tonhöhe in demselben Stimmorgan.

Am todten Kehlkopf wächst die Tonhöhe mit zunehmender Bänderspannung. Durch Vermehrung der Spannung konnte Müller die Töne um etwa $2^1/_2$ Oktaven erhöhen und überhaupt nahezu den ganzen Umfang der Menschenstimme am todten Kehlkopf erhalten. Bei zu starker Spannung geht die Stimmbildung verloren, sowie andererseits eine gewisse Spannung nöthig ist, wenn überhaupt ein Ton entstehen soll.

Zwei Mechanismen vermehren die Bänderspannung: 1) Die Thätigkeit der Mm. thyreo-arytaenoidei (494) und 2) die Verlängerung der Bänder selbst, d. h. die Entfernung ihrer beiden Insertionen. Die vordere Insertion des Stimmbandes verändert ihren Ort nicht merklich, d. h. der Abstand des unteren Schildknorpelrandes vom oberen Rand des Vordertheiles des Ringknorpels bleibt bei hohen oder tiefen Tönen nahezu derselbe, wie man sich durch Auflegen des Fingers auf das Ligamentum crico-thyreoideum medium überzeugt. Dagegen ist die hintere Insertion des Bandes (am Stimmfortsatz der Giesskanne) beweglich, indem sie den Bewegungen der Giesskanne folgt. Bei tieferen Tönen bilden die Hinterflächen beider (aneinander gepressten) Giesskannen einen grös-

seren Winkel mit der Ringknorpelplatte, d. h. die Giesskannen neigen sich nach vorwärts und die Bänder werden minder gespannt, bei höheren Tönen dagegen richten sich die Giesskannen mehr auf, die hintere Stimmbandinsertion entfernt sich dadurch von der vorderen und die Bänderspannung nimmt zu.

Ausser der Bänderspannung ist die Stärke des Luftstromes von Einfluss auf die Tonhöhe. Am todten Kehlkopf konnte J. Müller durch stärkeres Anblasen, bei sonst gleicher Bänderspannung, den Ton bis zur Quinte erhöhen. Eine und dieselbe Tonhöhe ist also erreichbar entweder durch stärkere Bänderspannung und zugleich ruhigeren Ausathmungsstrom, oder mittelst schwächerer Spannung der Bänder und stärkeren Luftstrom. Im ersteren Fall hat aber der Ton einen angenehmeren Klang.

Aus Obigem folgt, dass die höchsten Töne niemals schwach, die niedersten dagegen niemals sehr stark gegeben werden können. Während des Ausathmens nimmt, mit Abnahme des Luftvorrathes, die Kraft des Anblasens ab; den Ton kann aber trotzdem auf gleicher Höhe gehalten werden durch zunehmende Bänderspannung.

493. Stimmritzmuskeln.

Die Betheiligung der Kehlkopfmuskeln an den von 489 an geschilderten Vorgängen wurde absichtlich ausgeschlossen. Die Hauptaufgaben der 3 Stimmritzmuskeln sind: I. Verengerung, resp. Verschluss der Stimmritze: der M. crico-arytaenoideus lateralis bewirkt einen Zug auf den Muskelfortsatz des Giesskannenknorpels nach vorwärts, abwärts und auswärts (in der Richtung des Pfeiles, Fig. 152 *B*); dadurch dreht sich die Giesskanne um ihre Längsaxe nach einwärts, sodass die Stimmfortsätze beider Knorpel einander sich nähern oder berühren. Die Glottis ist nunmehr in eine vordere (Stimmband-) und hintere (Knorpel-) Region abgetheilt. Die vollständige Berührung beider Giesskannenknorpel wird sodann bewirkt durch den unpaaren Musc. arytaenoideus transversus und die arytaenoidei obliqui. Nunmehr ist (Fig. 153 *A*) die Knorpelglottis ganz geschlossen und die Stimmbandglottis in eine feine Spalte verwandelt. Die genannten Arytaenoidmuskeln können somit die Giesskannen nur dann zur vollkommenen Berührung bringen, wenn der M. crico-arytaenoideus lateralis gleichzeitig thätig ist. II. Erweiterung, resp. Eröffnung der Stimmritze. Der Musc. crico-arytaenoideus posticus verläuft beiderseits von der Hinterfläche der Platte des Ringknorpels schräg nach aufwärts und auswärts an die hintere Fläche und äussere Ecke des Muskelfortsatzes der Giesskanne; er zieht diesen Fortsatz nach auswärts und rückwärts, bewirkt dadurch eine Drehung des Giesskannenknorpels, um dessen Längsaxe, nach auswärts, sodass die Stimmfortsätze der Giesskannen sich von

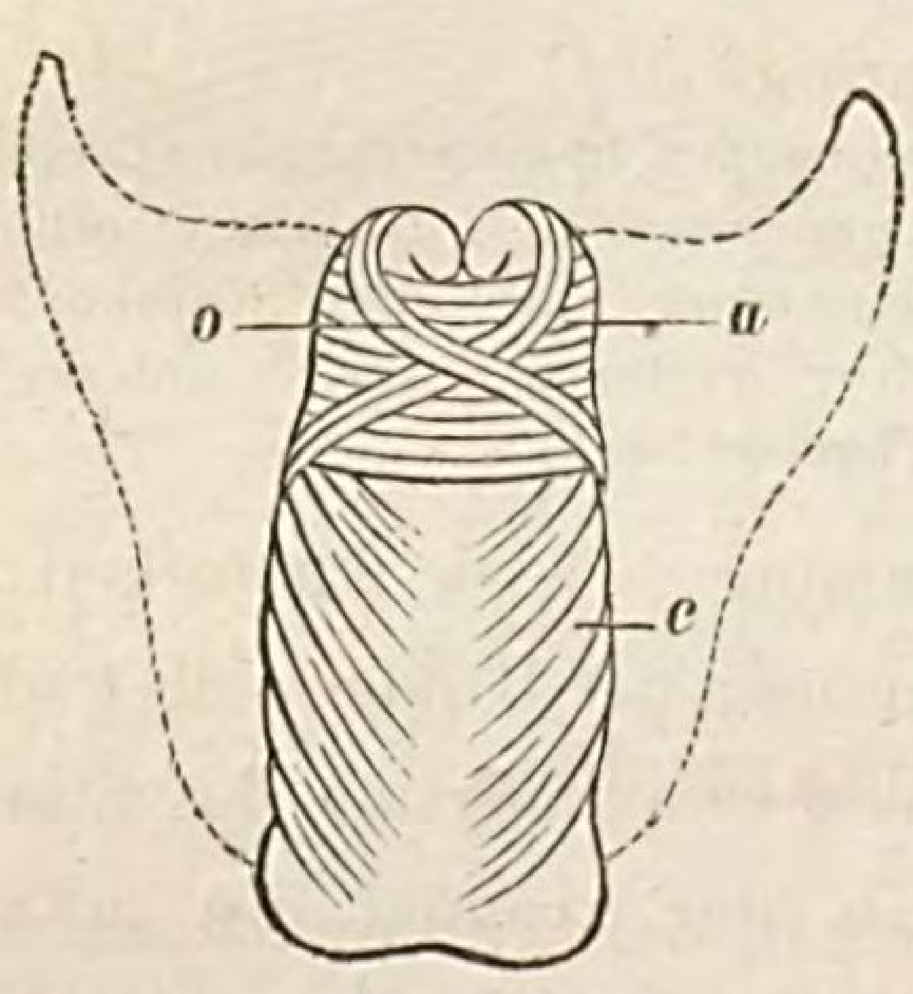


Fig. 154.

a. M. arytaenoideus transversus, *o*. M arytaenoideus obliquus. *c*. M. crico-arytaenoideus posticus.

einander entfernen und die hintere Insertion jedes Stimmbandes erhoben wird. Dadurch entsteht die Stellung *B*, Fig. 153, der sogleich die Endstellung *A*, Fig. 152 nachfolgt.

494. Spannmuskeln der Stimmbänder.

I. Spannung der Bänder. Dazu dient, wie (492) bemerkt, ein doppelter Mechanismus: 1) Beide Insertionen der Stimmbänder werden in einem bestimmten Abstand von einander gehalten, d. h. auf die vordere Insertion wirkt eine Zugkraft nach vorwärts, auf die hintere eine Zugkraft nach rückwärts; beide Kräfte sind aber im Gleichgewicht, sodass die Insertionen während der Production eines bestimmten Tones sich nicht verrücken. Der Zug nach vorwärts geschieht durch die M. m. crico-thyreoidei, deren Wirkung nicht etwa, wie man gewöhnlich meint, darin besteht, dass sie den Schildknorpel dem Ringknorpel wirklich nähern, resp. die Stimmbänder verlängern, sondern darin, dass sie den Abstand zwischen beiden Knorpeln, also die Lage der vorderen Stimmbandinsertionen, unverrückt (s. 490, 491) erhalten. Nach rückwärts werden die Stimmbänder durch die M. m. crico-arytaenoidei postici gezogen, vorausgesetzt dass beide Giesskannen durch die Stimmritzschliesser an einander gepresst sind. Ist jedes Stimmband auf diese Weise gespannt und für Fixation seiner beiden Insertionen gesorgt, so kann:

2) der M. thyreo-arytaenoideus, der von der Innenfläche des Schildknorpels innerhalb des sog. Stimmbandkörpers, rückwärts zur Giesskanne seiner Seite verläuft, durch seine Thätigkeit die Spannung des Stimmbandes vermehren.

II. Abspannung der Stimmbänder. Diese tritt sogleich ein, wenn die Thätigkeit der genannten 3 Spannmuskeln abnimmt; es greift aber auch der Crico-arytaenoideus lateralis aktiv ein, welcher von der oberen Seitenwand des Ringknorpels entspringt und rückwärts und aufwärts zum unteren Rand des Muskelfortsatzes der Giesskanne verläuft.

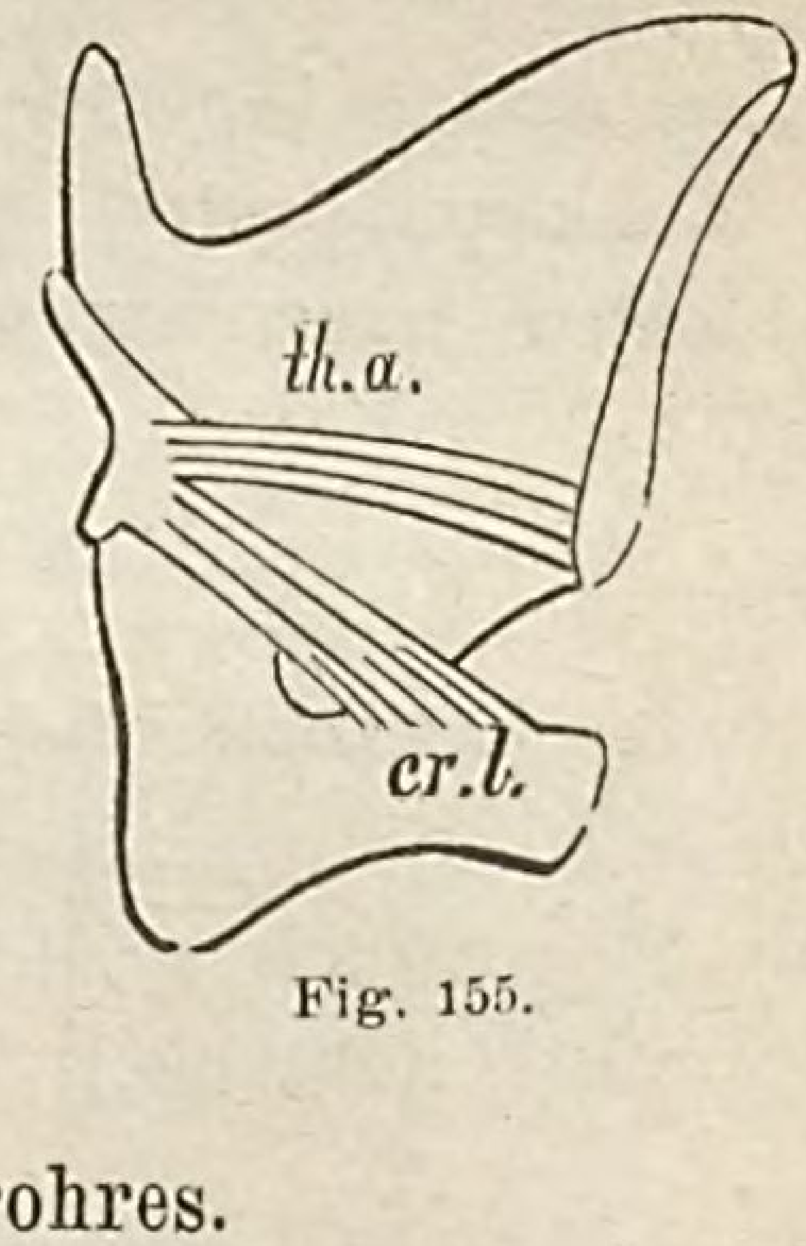


Fig. 155.

cr. l. M. crico-arytaenoideus lateralis. *th. a.* Thyreo-arytaenoideus.

495. Verrichtungen des Ansatzrohres.

Diejenigen Theile der Luftwege, welche oberhalb der wahren Stimmbänder liegen, leisten die Dienste wie das Ansatzrohr in musikalischen Zungenwerkzeugen, jedoch mit mehrfachen, den Stimmapparat auszeichnenden Modifikationen. Als J. Müller dem todten Kehlkopf längere Ansatzröhren vorsetzte, vertiefte sich die Tonhöhe nicht wesentlich; dagegen sind die Corpustheile von Einfluss auf den Klang und besonders auf die Stärke der Töne. Zuhalten der Nase, Schliessen oder Oeffnen des Mundes z. B. verändert in der That niemals

die Höhe, wohl aber den Klang oder die Stärke der Töne. Ein Verschluss der Nase ändert, wenn der Ausathmungsstrom schwach und der Mund weit geöffnet ist, den Klang der Töne verhältnissmässig nur wenig; bei starkem Luftstrom aber wird der Klang näselnd, indem die Wände der Nasenhöhle nicht bloss als Reflectoren der Schallwellen wirken, sondern auch in stärkere, den Klang modificirende Schwingungen gerathen. Zunehmende Räumlichkeit der Mund- und Nasenhöhle begünstigt, umfänglichere Verknöcherung der Kehlkopfknorpel z. B. mindert die Tonstärke. Die Morgagni'schen Taschen gestatten gehörige Excursionen der Stimmbänder. Das Secret ihrer Schleimhaut trägt bei zur normalen Befeuchtung, also auch Elasticität, der Stimmbänder (Merkel).

496. Kehlkopfnerven.

Dieselben gehen zunächst vom N. vagus ab; die eigentlichen Vagusfasern des Kehlkopfs sind ausschliesslich sensibel, während die Muskulatur des Organes von, ursprünglich in der Bahn des N. accessorius verlaufenden Fasern versorgt wird. Nach Bischoff verursacht die einseitige Durchschneidung des Accessorius in der Schädelhöhle Heiserkeit, die beiderseitige dagegen vollständige Stimmlosigkeit. Der vorzugsweise sensibele N. laryngeus superior versorgt namentlich auch die Kehlkopfschleimhaut, ausserdem die Musculi crico-thyreoidei. Nach Durchschneidung desselben im Hund wird nach Longet die Stimme tiefer und rauh, die Stimmbänder können nicht mehr gehörig gespannt werden, deren vordere Insertion in Folge der Cricothyreoideuslähmung ihre Fixirbarkeit verloren hat. Die Athmung wird durch diesen Eingriff nicht gestört. Durchschneidung des N. laryngeus inferior, welcher alle übrigen Kehlkopfmuskeln innervirt, hat, wie schon Galenus fand, Verlust der Stimme zur Folge.

Die Muskeln, welche die Stimmritze offen halten, sind beim gewöhnlichen Athmen unausgesetzt thätig; bei einem Menschen, welchem Billroth eine Geschwulst am Hals sammt einem Stück des rechten N. vagus ausschnitt, stand das rechte Stimmband der Mittellinie sehr nahe. Das linke Stimmband hatte die normale Stellung; legte sich aber beim Stimmgeben mit seinem freien Rand über das rechte Band hinüber. Die Stimme blieb rauh und heiser.

Die Kehlkopfmuskeln sind dem Willen im höchsten Grade unterthan, wie die Leistungen des Gesanges am besten beweisen. Der Sänger ist im Stande, die Töne nach Höhe, Klang, Stärke, Dauer u. s. w. auf's Mannigfaltigste und Schnellste abzuändern.

497. Umfang der menschlichen Stimme.

Man unterscheidet: 1) Sopran, die höhere Weiberstimme; 2) Alt, die tiefere Weiberstimme; 3) Tenor, die hohe Männerstimme und 4) Bass, die tiefe Männerstimme. Der Sopran liegt ungefähr eine Octave höher als der Tenor; der Alt um eine Octave höher als der Bass. Zwischen dem tiefsten Bass und dem höchsten Sopranton liegen etwas über $3^1/_2$ Octaven; rechnet man Stimmen von seltener Tiefe oder Höhe dazu, so beträgt der ganze Umfang der Menschen-

stimme sogar 5 Octaven, während die Musik etwa 9 Octaven verwendet. Eine gute Einzelstimme umfasst 2 Octaven, oder etwas darüber, musikalisch verwendbarer Töne; Stimmen von grösserem Umfang sind nicht so selten, ja selbst ein Gebiet von 3½ Octaven kam schon vor. Der Bass erreicht ausnahmsweis F_1, Kinderstimmen und der Weibersopran manchmal f_3, ja selbst a_3. Nur wenige Töne, von c_1 bis f_1 sind allen Stimmlagen gemeinsam.

Die nachfolgende Tabelle umfasst die menschliche Tonscala, mit Angabe der Schwingungszahlen der Töne in der Sekunde.

Oktave	Ton	Schwingungen	Bass	Tenor	Alt	Sopran	
	(C1	32					tiefster Clavierton)
	(D1	36					tiefster Orchesterton: Contrabass)
Contra-oktave	F1	42					(ausnahmsweise tiefster Ton des Menschen)
	G1	48					
	A1	53					
	H1	60					
Grosse Oktave	C	64					
	D	72	Bass				
	E	80					
	F	85					
	G	96					
	A	106					
	H	120		Tenor			
Kleine Oktave	c	128					
	d	144					
	e	160			Alt		
	f	170					
	g	192					
	a	213				Sopran	
	h	240					
Eingestrichene Oktave	c1	256					
	d1	288					
	e1	320					
	f1	341					
	g1	384					(a′ 435 nach der officiellen
	a1	427					französischen Stimmung).
	h1	480					
Zweigestrichene Oktave	c2	512					
	d2	576					
	e2	640					
	f2	683					
	g2	768					
	a2	854					
	h2	960					
Dreigestrichene Oktave	c3	1024					
	d3	1152					
	e3	1280					
	f3	1366					
	g3	1536					
	a3	1708					ausnahmsweis höchster Sopranton
	(c5	4096					Oberster Clavierton)
	(d5	4608					Oberster Orchesterton: Piccoloflöte).

498. Klangarten der Stimme.

Die Menschenstimme zeigt zahllose individuelle Modifikationen (Klangarten). Dabei sind ausser der Regelmässigkeit (Isochronismus) der Schwingungen

der Stimmbänder, welche die Reinheit der Stimme vorzugsweis bedingt, besonders die Theile des Ansatzrohres, deren Form, Grösse, Elasticität u. s. w. maassgebend.

Ausserdem unterscheidet man zwei Hauptregister von Tönen: Brust- und Falsettöne. Der Klang der ersteren ist voll und stark; die auf die Brust gelegte Hand fühlt deutliche Vibrationen. Die Falset- (Fistel-)töne dagegen sind weicher. Die tieferen Töne gehören der Bruststimme, die höheren der Fistel an; einige Töne in der Mitte der Stimmlage können auf beiderlei Weise gegeben werden. Die Unterschiede beider Tonregister sind übrigens bei der männlichen Stimme bei weitem am deutlichsten.

Nach J. Müller und Merkel schwingen beim Falset die Stimmbänder bloss mit den freien Rändern, nach Garcia aber in ihrer ganzen Breite. Nach Letzterem ist die Stimmritze weiter als bei gleichhohen Brusttönen; ein Sänger von Profession, der wegen eines kleinen Stimmbandpolypen keine guten Fisteltöne, wohl aber tadellose Brusttöne angab und dessen Fehler Bruns mit Entfernung des Polypen beseitigte, zeigte jedoch beim Fistuliren diesen Unterschied nicht. Die Mechanik des Falsets ist noch nicht festgestellt.

Bei den sog. Gaumentönen wird nach Liscovius der Luftstrom, in Folge von Näherung des Gaumensegels an die hintere Rachenwand, der Mundhöhle zugeleitet, aber in deren Hintergrund durch die aufgerichtete Zunge gehemmt. Bei den Nasentönen ist der Eingang in die Choanen freier, sodass die Nasenluft stärker als gewöhnlich mitschwingt.

XXV. Sprechen.

499. Aufgaben.

Als Sprechwerkzeuge dienen der Kehlkopf, ganz besonders aber die Theile des Ansatzrohres des Stimmorganes. Das Sprechen besteht in einer Aufeinanderfolge einzelner Geräusche, der sogenannten Laute, welche in gewissen verengten Stellen des Ansatzrohres des Stimmorganes gebildet werden, während die (Ausathmungs-) Luft durchströmt; diese Geräusche verbinden sich mit Geräuschen oder mit Tönen, die im Kehlkopf selbst erzeugt werden. Die Physiologie hat zu untersuchen:

1) Die speciellen Stellungen der Sprechwerkzeuge während der Produktion der einzelnen Laute. Wir beschränken uns auf die Hauptlaute, während die zahlreichen Abarten derselben in Einzelsprachen und Dialekten unerörtert bleiben.

2) Die akustischen Eigenschaften der Sprachlaute (328). Die Laute sind Complexe von mehr oder weniger zahlreichen Einzeltönen; die Vocallaute sind in dieser Hinsicht am Besten erforscht (329), aber auch in den

(meisten) Consonanten lässt sich ein dominirender Ton erkennen, der, neben zahlreichen Obertönen, den Lautcharakter (Timbre) bedingt.

Mittelst der Tonsprache sind wir befähigt, unsere Vorstellungen auf das Schnellste und Einfachste anwesenden Hörenden mitzutheilen. Das Kind erlernt diese Fähigkeit, ohne eigentlichen Unterricht, durch Nachahmung der Sprechenden in Folge langer und beharrlicher Uebung, wobei es von den einfacheren zu den schwierigeren Sprachlauten übergeht. Das Gehör dient ihm dabei als einzige, aber sichere Controlle der richtigen Ausführung seiner Aufgabe, ohne dass es, wie auch der erwachsene Redende, der specielleren Stellungen seiner Mundtheile bewusst wäre. Sollen dagegen Taubgeborene eine verständliche Tonsprache erlernen (eine Aufgabe, die zuerst der spanische Mönch Peter Ponce † 1584, verfolgte und mit Erfolg gelöst hat), so müssen sie durch systematische Unterweisung mit der Mechanik des Sprechens bekannt werden. Die Tonsprache, eine der wunderbarsten Fähigkeiten des Menschen, bietet den Taubstummen grosse Vortheile gegenüber den verhältnissmässig unbeholfenen Verständigungsmitteln der Zeichensprache. Die Mechanik und Systematik der Sprachlaute ist besonders von Kempelen, Chladni, Joh. Müller, Brücke, Donders und Merkel gefördert worden.

500. Sprechen mit und ohne Stimme.

Die Sprechlaute werden mit oder ohne Stimme hervorgebracht.

I. Tonsprache. Das auf weiteren Abstand vernehmbare Sprechen erfordert die Mitwirkung der Stimme, also die zur Tonbildung nöthige Stimmritzenenge und Stimmbänderspannung. Die Laute der Tonsprache sind demnach Combinationen von Kehlkopftönen mit den im Ansatzrohr des Stimmorganes, vorzugsweise in der Mundhöhle erzeugten Sprachlauten, d. h. sämmtliche, oder doch eine gewisse Anzahl der Partialtöne, die in dem Lautgeräusch enthalten sind, werden durch die entsprechenden Partialtöne des Stimmklanges verstärkt. Diese Combination geschieht 1) entweder dadurch, dass bei den meisten Consonanten zu der im Kehlkopf erzeugten Stimme neue Schallquellen (Geräusche) in der Mundhöhle hinzutreten, oder dass 2) gewisse Partialtöne der Stimme, in der Mundhöhle durch Resonanz, verstärkt werden und dadurch einen deutlicheren Lautcharakter annehmen, was bei den Vocalen der Fall ist.

Spricht man bei enger Stimmritze und unter hoher Pressung der Lungenluft, so erhält die Stimme einen eigenthümlichen Klang (fälschlich mit dem Namen Bauchstimme belegt). Geübte Bauchredner sind im Stande, über Richtung und Entfernung der Stimme auf das Mannigfaltigste zu täuschen. Auch die Bauchstimme wird während der Ausathmung zu Stand gebracht; die Enge der Stimmritze und die vorhergegangene tiefe Einathmung gestattet, die Rede längere Zeit ohne Unterbrechung fortzuführen.

II. Tonlose Sprache. Die Stimmbänder gerathen hier in keine tönenden Schwingungen, entweder 1) krankhafter Weise z. B. bei mangelnder Elasticität (Schwingungsfähigkeit) der Bänder, oder 2) bei der sog. Flüstersprache (hauchenden Sprache, wo wir während der Sprechbewegungen die Stimmritze absichtlich nicht gehörig verengen und dadurch bloss ein Lufthinderniss herbeiführen, welches Reibungsgeräusche verursacht. Beim tonlosen Sprechen wird der Ton der Stimme ersetzt durch Kehlkopfgeräusche, die im Allgemeinen den Lautcharakter *h* haben, mit welchen sich wiederum die, durch verengte Stellen im Ansatzrohr erzeugten und durch Resonanz anderer Theile des Ansatzrohres verstärkten, Geräuschlaute verbinden.

Schon beim nicht zu langsamen Athmen durch den Mund entsteht, durch Reibung der Luft an den weit von einander abstehenden Stimmbändern, ein Hauchen, welches etwas von dem Charakter *h* hat. Um aber *h* (Spiritus asper) deutlich hervorzubringen ist eine Intention nöthig, nämlich ein stärkerer Ausathmungsdruck und die Herstellung eines grösseren Lufthindernisses im Kehlkopf; die Glottis nimmt dann die in *B* Fig. 152 gegebene, oder eine letzterer nahestehende Form an (Czermak).

Wir können übrigens ziemlich laut tonlos reden, lauter als bei den leiseren Arten der Tonsprache. Wir vermeiden freilich das intensive tonlose Sprechen, nicht sowohl weil es unschön, sondern weil es 1) mit zu schneller Entleerung des Luftvorrathes der Lungen verbunden ist und uns desshalb zu zahlreichen und tiefen Athembewegungen, also zu unnöthigem Kraftaufwand zwingt, und 2) weil der starke Luftwechsel auf die Schleimhaut der Luftkanäle trocknend und reizend wirkt.

Wir produciren deutliche tonlose Sprachlaute auch während der Einathmung; desshalb können wir flüsternd reden, ohne durch das Einathmen unterbrochen zu werden. Selbst die Tonsprache kann einzelne kurze Worte während der Inspiration hervorbringen, z. B. einzelne Ausrufe in Affecten.

501. Vocale und Consonanten.

Man theilt von jeher die Laute in Vocale und Consonanten. Die Consonanten wurden ehedem nicht für selbstständige Laute gehalten, indem man glaubte, dass sie nur in Verbindung mit Vocalen intonirt werden können; daher ihre Bezeichnung »Mitlauter« gegenüber den »Selbstlautern« (Vocalen). Diese Behauptung ist bekanntlich unrichtig, denn auch Consonanten können sich mit der Stimme verbinden; bloss das Kehlkopfgeräusch *h* und die Explosivlaute *p*, *t* und *k* machen eine Ausnahme, indem sie für sich nicht intonirt werden können.

Will man die Consonanten als Geräusche, die Vocale als Töne (Klänge) bezeichnen, so ist damit nicht viel gewonnen, da die Akustik keine scharfe Grenze zwischen Geräusch und Ton kennt. Klang ist ein streng periodischer, also eine deutliche Tonhöhe gebender, in der Regel von einer einzigen Tonquelle stammender, das Geräusch dagegen ein zusammengesetzter, öfters von mehreren Schallquellen herrührender, Bewegungsvorgang, aus welchem der dominirende Ton nicht so leicht herausgehört werden kann; desshalb sind uns die Vocaltimbres deutlicher als viele Consonanten. Ebensowenig gibt es Stellungen der Sprechwerkzeuge, die für die Consonanten bezeichnend sind im Gegensatz zu den Vocalen, wesshalb vom sprachmechanischen Standpunkt aus kein Grund zu einer scharfen Trennung der Vocale und Consonanten vorhanden ist.

Triftig allein ist der in genetischer Beziehung zwischen Vocalen und Consonanten neuerdings gemachte Unterschied. Die Vocale entstehen im Stimmorgan und werden im Ansatzrohr bloss verstärkt durch Resonanz, wogegen die Consonanten im Ansatzrohr entstehen und durch den Zutritt der Stimme verstärkt werden. Mit anderen Worten: der Larynxton

erhält bei den Consonanten, nicht aber bei den Vocalen, durch die Theile des Ansatzrohres wesentlich neue Eigenschaften.

Die natürlichste sprachmechanische Eintheilung der Laute beruht auf den Hauptwegen, die der Luftstrom bei der Lautbildung nimmt. Der möglichen Wege gibt es aber nur zwei: Nasen- und Mundkanal. Wir unterscheiden demnach in oberster Linie Nasen- und Mundlaute.

502. Nasenlaute.

Beim gewöhnlichen Athemholen (durch die Nase) befinden sich die Sprechwerkzeuge in möglichster Ruhelage. Der Mund ist geschlossen; beide Zahnreihen berühren sich, die Zungenspitze ist gegen die untere Zahnreihe gerichtet. Das senkrecht herabhängende Gaumensegel erleichtert die Verbindung zwischen dem oberen und unteren Pharynxraum und damit den Uebertritt der Exspirationsluft in die Nasenhöhle. Hätten wir bewegliche Organe in der Nasenhöhle, so wären mehrere Nasenlaute möglich, während die Exspirationsluft durchströmt; wir können aber nur 2 (resp. 3) leicht unterscheidbare Nasenlaute hervorbringen.

I) Ist die Mundhöhle hinten geschlossen, durch Annäherung der Zungenbasis an den herabhängenden weichen Gaumen, so entsteht das sog. *hintere n*, z. B. im Worte Klang.

II) Wird die Zungenspitze an die oberen Zähne oder den Alveolarfortsatz des Oberkiefers angelegt, so entsteht das *vordere n*.

III) Liegt die Zunge auf dem Boden der Mundhöhle und ist der Mund geschlossen, so entsteht *m*.

Bei III) resonirt die ganze Mundhöhlenluft, bei II die Luft der hinteren Mundhöhle, bei I resonirt die vom Pharynx abgeschlossene Mundhöhlenluft nur mittelbar.

Beim Zuhalten der Nase oder krankhaften Nasenverschluss wird die deutliche Aussprache von *n* und *m* verhindert; die Sprache unter diesen Umständen darf aber nicht als näselnde bezeichnet werden, sie ist gerade das Gegentheil des Näselnden (Passavant).

503. Mundlaute.

Die grosse Beweglichkeit der Organe der Mundhöhle gestattet die Hervorbringung zahlreicher Lautcharaktere während des Durchströmens der Exspirationsluft durchden Mund. Das erhobene Gaumensegel schliesst den Zugang der Luft zur Nasenhöhle ab. Athmen wir ausschliesslich durch den Mund, während zugleich die Organe der Mundhöhle in möglichster Ruhelage verharren, so tritt bei einer gewissen Kraft des (inspiratorischen oder exspiratorischen) Luftstromes, in Folge der Reibung desselben an den Mundorganen ein Laut hervor, der dem *a* am Meisten verwandt ist und, bei noch stärkerem Luftwechsel den Lautcharakter *h* annimmt. Unter allen Mundlauten hat *a* den weitesten Spielraum,

indem es bei verschiedenen Stellungen der Mundorgane mehr oder weniger deutlich hervorgebracht werden kann. Zur reinsten Produktion des *a* wird die Mundspalte weit geöffnet durch starke Senkung des Unterkiefers und die Mundhöhle erhält die grösste Geräumigkeit durch Niederlegung der Zunge.

Beim Hervorbringen der übrigen Mundlaute werden Verengerungen hergestellt und zwar an folgenden 3 Hauptarticulationsstellen: 1) Durch die Mundöffnung, also mittelst gewisser Lippenstellungen; hieher gehören die Lippenlaute *w*, *o*, *u*. 2) Vorn in der Mundhöhle: Die Enge wird gebildet zwischen dem harten Grünen, dem Alveolarfortsatz des Oberkiefers und den Oberzähnen einerseits und dem Vordertheil der Zunge andererseits. Sogenannte Zungenlaute: *s*, *sch*, *l*, *r*, *e*, *i*. 3) Im Hinterraum der Mundhöhle: durch Herstellung einer Spalte zwischen der senkrechten Zungenwurzel und dem (nach rückwärts gezogenen) Gaumensegel: sogenannte Gaumenlaute: *ch* und *hartes r*.

Alle bisher betrachteten Mundlaute sind kontinuirlich, d. h. sie können so lange angegeben werden, als der Luftstrom anhält; wird dagegen im Mundkanal ein Verschluss hergestellt oder ein solcher aufgehoben, und zwar an obigen 3 Articulationsstellen, so entstehen während dieser Bewegungen Geräusche mit den Charakteren *b* (*p*)—*d* (*t*)—*g* (*k*); dieselben können, eben weil sie von plötzlichen Bewegungen herrühren, nur einen Augenblick hindurch angegeben werden. (Explosivlaute; resp. Verschlusslaute.) Die Laute *b*—*d*—*g* unterscheiden sich von den harten *p*—*t*—*k* besonders dadurch, dass bei der Lösung des Verschlusses die Stimme bereits tönt, während bei den letzteren die Stimme erst beginnt, nachdem der Verschluss bereits eine merkliche Zeit gelöst ist (Kempelen, Brücke).

504. Uebersicht über die Sprachlaute.

Die nachstehende Tabelle gibt die Stellungen wenigstens einiger Haupttheile der Sprechwerkzeuge bei der Bildung der Einzellaute. Die eingeklammerten Laute werden durch einen, im Vergleich zu ihren Vorgängern stärkeren Luftstrom hervorgebracht. Die tönenden Laute sind mit grossen, die nicht-tönenden mit kleinen Lettern angegeben.

Die Enge (resp. der Verschluss) wird gebildet:

Mundlaute: Die Luft streicht durch den Mund, die Nasenhöhle ist durch das Gaumensegel abgesperrt.

Die Stellung der Mundtheile ändert sich nicht während der Produktion des Lautes:

Continuirliche Laute.

durch die Mundöffnung: sog. *Lippenlaute*	im Vordertheil der Mundhöhle: sog. *Zungenlaute*	im Hintertheil der Mundhöhle: sog. *Gaumenlaute*	im unteren Pharynx, resp. im Larynx
O, noch mehr *U*: Mundöffnung klein und rundlich; Zunge mehr am Boden der Mundhöhle. Mundraum kleiner als bei *a*. *v* (*f*) *W*: enge schmale Lippenspalte.	*E*: durch Näherung des etwas gewölbten Zungenrückens gegen den harten Gaumen wird der Mundraum von vorn nach hinten allmälig etwas weiter. *I*: die Zunge zeigt die höchste Eerhebung bei den Vocalen; die Mundhöhle besteht 1) aus einem vorderen engen Theil zwischen Vordertheil der Zunge und hartem Gaumen; 2) einem hinteren weiteren Theil zwischen Zungenwurzel und Gaumensegel. *S*: schmaler Canal zwischen Alveolarfortsatz des Oberkiefers sammt Zähnen und der Zungenspitze; Zahnreihen genähert. *Sch*: Zahnreihen etwas weiter von einander entfernt als bei *S*; Zunge gewölbt und auf dem Boden der Mundhöhle. *L*: Vordertheil der Zunge dem harten Gaumen und Oberkieferalveolarfortsatz angelehnt; die Luft streicht beiderseits durch die von den hinteren Backzähnen gebildete Spalte zur Mundöffnung. Gewöhnliches *R*: Spalte zwischen Zungenspitze und Vordertheil des harten Gaumens, Seitenränder der Zunge an die Oberzähne angelegt. Bei stärkerem Luftstoss vibrirt die Zunge.	*Ch*: Hintertheil der Zunge dem weichen Gaumen genähert (z. B. lieblich). Die härtere Form (z. B. Aachen) durch stärkere Verengerung des Canals bei tieferem Stand des Gaumensegels. Hartes *R*: z. B. Rachen. Stellung ähnlich wie *Ch*, doch ist die Spalte noch enger und der stärkere Luftstrom bringt das Zäpfchen in Vibrationen.	*A*: Unterkiefer gesenkt, Mund weit geöffnet, Zunge niedergelegt. Die stärkste Verengung ist im untersten Theil des Ansatzrohres. *h*: durch Reibung der Luft in der mässig verengten Glottis.

Die Enge (resp. der Verschluss wird gebildet:

		durch die Mundöffnung: sog. *Lippenlaute*	im Vordertheil der Mundhöhle: sog. *Zungenlaute*	im Hintertheil der Mundlaute: sog. *Gaumenlaute*	—
M u n d l a u t e.	Die Stellung der Mundtheile ändert sich während der Produktion des Lautes: Explosiv- resp. V e r s c h l u s s l a u t e.	*b* (*p*): der Verschluss wird mittelst der Lippen hergestellt oder aufgehoben.	*d* (*t*): Zunge plötzlich vom Alveolarfortsatz des Oberkiefers zurückgezogen oder an denselben angedrückt.	*g* (*k*): Zungenbasis an den weichen Gaumen angelegt resp. plötzlich von demselben zurückgezogen.	—
N a s e n l a u t e: Die Luft streicht durch die Nasenhöhle; das Gaumensegel hängt herab.		*M*: Lippen geschlossen, Zunge auf dem Boden der Mundhöhle; der ganze Mundraum communicirt mit dem Pharynx.	Gewöhnliches *N*: Zungenspitze dem Alveolarfortsatz angelegt (wie bei *d*); nur der hintere Mundraum communicirt mit dem Pharynx.	Hinteres *N*: der ganze Mundraum ist durch Zungenbasis und Gaumensegel vom Pharynx abgesperrt.	—

Eine Abart der Vocale sind die sog. M i t t e l v o c a l e. Die Mundtheile machen, wenigstens der Hauptsache nach, Stellungen, welche in der Mitte liegen zwischen den je 2 Stammvocalen entsprechenden. Die gewöhnlichsten sind: *ä* (a—e); *ü* (u—i) und *ö* (o—e).

505. Das Gaumensegel beim Sprechen.

Bei den Mundlauten wird dem Luftstrom der Weg durch den Mund angewiesen; der zweite Ausweg, die Nasenhöhle, ist versperrt, indem sich das Gaumensegel erhebt und an die hintere Schlundwand anlegt. Man überzeugte sich davon sowohl bei Gelegenheit chirurgischer Operationen, welche einen Substanzverlust der Nase und damit einen hinreichenden Einblick auf den weichen Gaumen herstellen, als auch durch Versuche an Gesunden. Spritzt man Wasser durch die Nase in den oberen Pharynxraum, während die Laute producirt werden, so läuft kein Wasser in den Mund ab, zum Beweis des Gaumensegelverschlusses. Nach C z e r m a k ist übrigens der Verschluss bei *a* und selbst *e* kein vollständiger.

Findet der Gaumensegelverschluss nicht statt, so geräth die Nasenhöhlenluft durch Resonanz in stärkere Schwingungen und die Laute erhalten einen n ä s e l n d e n Timbre. Diese Klangveränderung, die bei den Vocalen am deutlichsten ist, erzeugen wir durch willkürliche Minderung des Gaumensegel-

verschlusses; die französische Sprache braucht die Nasenvocale sehr viel, namentlich *a* (*en*, *an* der französischen Schreibweise), *e* (*ein*) und *o* (*on*). Ein Nasenvocal *i* wird nicht benützt; er ist weder leicht, noch rein hervorzubringen, weil bei *i* der Gaumensegelverschluss am stärksten ist. Bei der Angabe der Nasenvocale geht der Luftstrom theilweis durch die Nase, sodass ein vor letztere gehaltener Spiegel sich beschlägt, was bei den reinen Mundvocalen nicht der Fall ist (Czermak).

Auch beim vollständigen Abschluss des Nasenraumes durch das Gaumensegel findet eine Fortleitung des Schalles aus dem Mund durch das gespannte Gaumensegel und den harten Gaumen in die Nasenhöhle statt; denn die Laute verändern ihre Timbren ein wenig, wenn man die Nase zuhält.

506. Natürliche Tonhöhe der Laute.

Jeder Einzellaut, vor Allem die Vocale, hat bei der Flüstersprache einen bestimmten, vorwaltenden Ton, in welchem allein der Laut vollkommen deutlich angegeben werden kann. Beim tönenden Sprechen und Singen kann man allerdings die verschiedensten Laute in derselben Tonhöhe hervorbringen; doch zeigen schon beim gewöhnlichen Sprechen die Einzelvocale eine in folgender Ordnung aufsteigende Tonhöhe: *u*, *o*, *a*, *ö*, *ü*, *ae*, *e*, *i*.

Wheatstone hat zuerst ausgesprochen, dass die im Ansatzrohr des Kehlkopfes enthaltene Luft, je nach der Stellung namentlich der Organe der Mundhöhle, auf einen bestimmten Ton abgestimmt und dadurch befähigt ist, die im Kehlkopf erzeugten zusammengesetzten Luftschwingungen so zu modificiren, dass bald dieser, bald jener Theilton verstärkt und somit bestimmte Vocaltimbres (329) hervorgebracht werden. Wie jeder begrenzte Luftraum, so hat auch die Mundhöhle, bei jeder speciellen Stellung der Mundorgane einen speciellen Eigenton. Abgeschlossene Lufträume, z. B. in einer Flasche, haben einen um so tieferen Eigenton, je weiter dieselben sind und je enger ihre Mündung ist. Hält man eine angeschlagene Stimmgabel vor den offenen Mund, so wird ihr Ton durch Resonanz in dem Fall verstärkt, wenn der Eigenton der Gabel und derjenige der Mundhöhle zusammenfallen (Donders). Nach Helmholtz ist die Mundhöhle abgestimmt bei *U* auf Ton *f* — *O* auf b' — *A* . . b^2. Bei *A* hat die Mundhöhle den grössten cubischen Inhalt, nämlich die Form eines vom Kehlkopf aus sich erweiternden Trichters, während bei *O* und noch mehr bei *U* der Eigenton der Mundhöhle durch die Verengerung der Mundöffnung sich erniedrigt. Bei den andern Vocalen sind 2 Resonanzräume zu unterscheiden, ein weiterer und ein vorderer engerer; die Mundhöhle ist nunmehr auf 2 Eigentöne abgestimmt z. B. bei *E* auf f^1 und b^3 bei *I* : d^4 und etwa *f*. Demnach bedingen nicht die Ordnungszahlen, sondern die absoluten Höhen der Partialtöne die acustischen Unterschiede der Vocalklänge unserer Stimme.

Auch die Consonanten haben ihre bestimmte Tonhöhe, bei welcher sie im

gewöhnlichen Sprechen am Deutlichsten gegeben werden; z. B. *M* mit Tonhöhe *e'* oder f^1, *S* etwas höher als *I* u. s. w.

507. Schriftsymbole der Laute.

Die Sprache benützt nicht alle Laute, die im Ansatzrohr des Stimmorganes erzeugt werden können. Bei der Auswahl gilt nicht die Rücksicht auf den Wohlklang, so wenig wie die Gangweisen der Menschen durch Rücksicht auf Schönheit bestimmt werden, sondern die Leichtigkeit der Hervorbringung der Laute und deren Hörbarkeit und Verständlichkeit. Manchen Sprachen fehlen übrigens sonst ganz gebräuchliche Laute, z. B. *b*, *r*, *l*; während andere sogar auffallende und schwierige Laute benützen, z. B. Schnalzlaute (Südafrika).

Die Hauptlaute sind, nach früheren Auseinandersetzungen, *h* — *a*, *e*, *i*, *o*, *u* (nebst den sog. Combinationsvocalen und Nasenvocalen) — *b*, *d*, *g* (und ihre »harten« *p*, *t*, *k*) — *f* (*v*) — *w* — *l*, *r*, *s*, *sch*, *ch* — *m* und *n*. Die Laute werden symbolisirt durch gewisse Zeichen, die Buchstaben der Schriftsprachen. Letztere aber enthalten in allen Sprachen viel Conventionelles, ja selbst Unzweckmässiges und Irrationelles. 1) Für gewisse specifische Laute fehlen Buchstaben, z. B. *sch* (bei uns zusammengesetzt aus 3 Buchstaben, obschon es durchaus kein Combinationslaut ist), ferner *ch* und die französischen Nasenlaute. 2) Andererseits sind besondere Buchstaben vorhanden für Geräusche, die gar keine einfachen Laute sind; *c* (theilweis) und *z* unseres Alphabetes sind = *ts*; *x* = *ks*. 3) Endlich hat derselbe Laut zwei verschiedene Symbole, z. B. *k* und *q*; oder das *y* der Griechen, das uns wenigstens in der Aussprache mit *i* gleichwerthig, seinen ursprünglichen Charakter *ü* verloren hat.

Die Sprachen sollten für jeden einzelnen Lautcharakter ein bestimmtes Symbol haben, gleichgiltig von welcher Form, wenn es nur leicht kenntlich und schnell geschrieben werden könnte. Ein solches allgemeines, sog. phonetisches, Alphabet würde uns die Aussprache der fremden Wörter sogleich angeben, auch wenn wir dieselben nie gehört hätten. Diese bis auf den Philologen Ramus († 1572) zurückgehenden Bemühungen sind natürlich der vulgären Schriftsprache gegenüber unausführbar; wohl aber sind sie für die vergleichende Sprachwissenschaft von Interesse, wie sie auch den Anforderungen der Physiologie des Sprechens genügen.

508. Beziehungen zum Nervensystem.

Dis Muskeln der Hauptarticulationsstellen werden von folgenden Nerven versorgt: 1) Lippenmuskulatur: vom Facialis (N. n. buccales). 2) Zungenmuskeln: vom Hypoglossus. 3) Gaumensegelmuskulatur: vom 3ten Ast des Trigeminus (N. pterygoideus internus) — den Rami pharyngei des Glossopharyngeus und Vagus und dem Facialis (vom Ganglion geniculatum N. facialis durch den N. petrosus superficialis major und das Ganglion sphenopalatinum zu den Gaumennerven). 4) Stimmbandmuskulatur: Ramus laryngeus inferior Vagi.

Das Vermögen der Sprache bietet ein lehrreiches Beispiel für die Wechselbeziehungen zwischen psychischen und materiellen Vorgängen in unserem Or-

ganismus; die Tonsprache ist nichts anderes als ein lautes Denken und selbst das stille Denken ist von deutlichen sprachmechanischen Anklängen begleitet. Wir haben hier 3 Fälle zu unterscheiden:

I) Das laute Denken und zwar a) das Sprechen zu Andern, d. h. das gewollte laute Denken. b) Das nicht beabsichtigte laute Denken, häufig bei Kindern, ungebildeten Menschen, in zahlreichen Krankheitszuständen mit beeinträchtigtem psychischem Vermögen, überhaupt aber bei jedem Menschen im Affekt in Form einzelner lauter Worte.

II) Das von deutlichen Bewegungen der Sprachwerkzeuge begleitete Denken, ohne dass es zum Ton kommt; bei Kindern, überhaupt Ungeübten, wenn sie still lesen; bei jedem Menschen sind einzelne Gedanken, besonders solche, die ihn stark beschäftigen, von leeren Sprechbewegungen häufig begleitet.

III) Das leise Denken endlich wird begleitet von deutlichen Vorstellungen gehörter Worte, resp. gemachter Sprechbewegungen. Der gebildete Taubstumme, der laut hat sprechen lernen, denkt nicht etwa in vorgestellten geschriebenen Worten, sondern ausschliesslich in vorgestellten Stellungen der Sprachwerkzeuge; bei geringerer Uebung aber begleitet er (Fall II) seine Gedanken mit leeren Sprechbewegungen.

In gewissen Gehirnleiden kann die Intelligenz unversehrt sein, der Kranke drückt seine Gedanken richtig durch Geberden aus, oder schreibt dieselben in Einzelfällen sogar richtig nieder, er findet die Symbole (Worte) für die Begriffe nicht, indem er sie entweder gar nicht auszusprechen vermag, oder falsche Worte hervorbringt, ohne dass die Sprachorgane ihre Beweglichkeit eingebüsst hätten (Aphasie). Die überwiegend häufige Verbindung der Aphasie mit Lähmung der rechten Körperseite (Bouillaud) deutet auf eine Betheiligung der linken Grosshirnhemisphäre; man hat in der That gefunden, dass Erkrankungen der zweiten, besonders dritten Frontalwindung oder des Insellappens linkerseits mit Aphasie sehr häufig verbunden ist.

Der Gedankenfluss erfolgt am Schnellsten und Bequemsten in der Form der vorgestellten Worte der Sprache; statt letzterer können aber auch einzelne Vorstellungen irgend einer sinnlichen Qualität des Gedachten, als Repräsentanten des letzteren, mit unterlaufen, ohne dass die Gedankenreihe an Deutlichkeit oder in der Geschwindigkeit ihrer Produktion eine Einbusse erleidet. Diese supplementären sinnlichen Vorstellungen beziehen sich auf die verschiedensten Sinnesgebiete, am häufigsten auf den Sehsinn, dessen sinnliche Vorstellungen uns besonders schnell zu Gebot stehen. Ein häufiges Umspringen der Vorstellungen von einem Sinnesgebiet zum andern findet aber nicht statt; desshalb ist eben der Gedankenfluss am Schnellsten und Gleichmässigsten, wenn er in dem Gebiete der vorgestellten Worte der Sprache ausschliesslich erfolgt. Der Einwand, die Gedanken können vollständig fertig auftauchen in unserem Bewusstsein, ohne dass wir die ihnen entsprechenden Worte finden, beweist nichts

gegen die fundamentale Bedeutung der Wortvorstellungen für den Process des Denkens; irgend welche sinnliche Symbole für das Vorgestellte sind auch in diesem Fall vorhanden; Gedanken ohne solche Symbole existiren nicht.

XXVI. Psychophysiologie.

509. Aufgaben.

Dieser Theil der Physiologie untersucht (abgesehen von einigen physiologischen Phänomenen des Gehirns von untergeordneter Bedeutung, s. 518—521) die Wechselbeziehungen zwischen den körperlichen und seelischen Erscheinungen, also einerseits die körperlichen (physiologischen) Bedingungen der Seelenthätigkeiten und andererseits die Abhängigkeitsverhältnisse des Körpers von der Seele. Der psychologische Theil der Physiologie lässt sich demnach von der Psychologie selbst abgrenzen. Letztere behandelt 1) die psychischen Phänomene überhaupt, wie dieselben als äussere Formen der Seelenthätigkeiten in die Erscheinung treten; sie sucht 2) das Zustandekommen derselben zu erklären und sich 3) zu Betrachtungen zu erheben über die Natur des Seelischen, sowohl an sich, als in seinen Unterschieden von dem Körperlichen. Der erste, weit greifende Theil hat es mit lösbaren Aufgaben zu thun; es handelt sich um, der Beobachtung zugängliche, Thatsachen, die selbst dann und wann der quantitativen Untersuchung (z. B. der auf diesem Gebiet noch zu wenig gepflegten statistischen Methode) unterworfen werden können. Bei der zweiten Aufgabe dagegen kann den strengeren Forderungen des Causalitätsprincipes nicht genügt werden; die psychischen Erscheinungen sind schlechterdings nicht unmittelbar erklärlich, d. h. zurückführbar auf zureichende Ursachen, »Kräfte« im Sinne der Naturwissenschaft; wohl aber können vielfach konstante, gesetzliche Zusammenhänge der psychischen Ereignisse sowohl unter sich selbst, als auch mit körperlichen Phänomenen nachgewiesen werden. Von einer Inangriffnahme der psychologischen Aufgaben der dritten Reihe im Sinne der Naturforschung kann demnach keine Rede sein.

Diese Beschränkung des psychologischen Theiles der Physiologie entspricht freilich nicht derjenigen Ansicht, welche eine innigere Durchdringung beider Wissenschaften schon jetzt für möglich hält; dagegen ist sie der Ausdruck der hergebrachten, wohl begründeten Auffassung der grossen Mehrzahl der Physiologen. Unsere Kenntnisse über die Wechselwirkungen zwischen seelischen und körperlichen Ereignissen sind rein empirischer Natur; sie gestatten keine unzweideutigen Schlüsse über die inneren Vorgänge selbst und befähigen weder die Naturforscher überhaupt, noch die Physiologen und Psychiatriker insbesondere, als solche irgend etwas Positives auszusagen über das Wesen der Seele. Die Formulirung der herkömmlichen Streitfragen über die Natur der seelischen Erscheinungen ist, wenigstens in allem Wesentlichen, heute noch dieselbe, wie zur Zeit der alten griechischen Philosophie. Wenn also alle ungeheueren Fortschritte

der neueren Naturwissenschaft diesen Streitfragen bisher keine prinzipiell andere Richtungen zu geben vermochten, und die starren Gegensätze zwischen idealistischer und materialistischer Auffassungsweise, trotz aller Versuche, dieselben zu vermitteln oder gar zu umgehen, für den Unbefangenen noch unverändert fortbestehen, so kann man nicht zweifelhaft sein, wie sich künftige, wenn auch noch so fundamentale Erweiterungen der Naturwissenschaften gegenüber diesem schwierigsten aller Probleme noch auf lange Zeit hinaus verhalten werden. Die Physiologie als solche bleibt somit von einer Frage, welche für ihre heutigen Hülfsmittel unzugänglich ist, vorerst unberührt, und das um so mehr, als die psychologischen Aufgaben der Physiologie in ihrer oben aufgestellten Beschränkung bis zu einem gewissen Punkt, unabhängig von jeder Hypothese über die Natur der Seele, durchgeführt werden können.

510. Psychische Leistungen.

Die Seelenthätigkeiten bieten: 1) Direkte Beziehungen zur Aussenwelt. Dabei verhält sich die Seele mehr passiv, receptiv: sie empfängt sinnliche Erregungen von Aussen her; oder mehr aktiv: es ist das Bestreben vorhanden, auf die Dinge der Aussenwelt einzuwirken durch gewollte Bewegungen. Oder 2) solche unmittelbaren Wechselwirkungen zwischen Seelischem und wirklichem Aeusseren sind nicht vorhanden: die Seelenthätigkeiten verlaufen als Processe für sich und unter sich. Die hieher gehörenden, unendlich mannigfaltigen psychischen Leistungen werden zusammengefasst als Vorstellungen; sie sind es, welche den wahren Mittelpunkt aller psychischen Thätigkeiten bilden.

Sinnliche Empfindungen, gewollte Bewegungen und Vorstellungen sind demnach die drei Grundformen, in welchen das Seelenleben zur Erscheinung kommt. Jede dieser Grundformen bietet aber, sowohl in der Thierreihe, als auch in demselben Individuum, je nach dessen somatischen und psychischen Zuständen, die grössten quantitativen und qualitativen Unterschiede.

Die sinnlichen Empfindungen beginnen als dunkele, beziehungslose Gefühle eines allgemeinen indiscreten Empfindungszustandes und steigern sich bis zu den mannigfaltigsten, durch die objectiven Sinne und die Gemeingefühle bedingten, mit vollem Bewusstsein aufgefassten und in Bezug auf ihre entfernten Veranlassungen richtig ausgelegten Sinneswahrnehmungen.

Die beiden Extreme der gewollten Bewegungen sind die, im Dienst des instinktiven Lebens stehenden, also von keinem frei-bewussten Zwecke beherrschten und in der Regel irgend welchem körperlichen Bedürfniss genügenden Bewegungen einerseits, sowie die, weder durch ein Aeusseres, noch durch irgend welche körperlichen Zustände bedingten, vollkommen freien, mit grösstmöglichster Spontaneität begabten Bewegungen andererseits.

Auch die Vorstellungen zerfallen in niedere und höhere. Zu ersteren gehören die Empfindungs- und Bewegungsvorstellungen, welche sich auf unmittelbare concrete Eigenschaften, Ereignisse und Möglichkeiten der sinnlichen Natur beziehen und als solche keine weitere psychische Verarbeitung ihres Inhaltes ermöglichen und erfordern. Viel reicher sind die höheren Vorstellungen; sie umfassen die Gebiete 1) der Begriffsbildung, d. h. des Vorstellens

von dem Allgemeinen, das in mehreren oder vielen einfachen Vorstellungen enthalten ist, und 2) des Denkens (Urtheilens), d. h. des Abwägens der Verhältnisse der einzelnen Begriffe unter sich.

Die Logik betrachtet die formale Seite, die Psychologie den Inhalt dieser vielgliedrigen Processe. Diese Aufgaben, z. B. die Normen, nach welchen die Vorstellungen und Begriffe sich hemmen und fördern (sog. Associationsgesetze), die Entstehung des Begriffs aus der niederen Vorstellung u. s. w. gehören nicht hieher.

511. Subjectiv modificirte Seelenthätigkeiten.

Die Vorstellungen, nach ihren mannigfaltigen Richtungen, sowie die bezüglichen Classificationsversuche, gehören lediglich der Psychologie an; wir heben nur eine Beziehung derselben, sowie der psychischen Leistungen überhaupt, hervor; das Verhältniss nämlich der Empfindung, der gewollten Bewegung und der Vorstellung zu dem empfindenden, wollenden und vorstellenden Subject.

Die im vorigen § genannten Thätigkeiten gehen zwar vor sich in einem psychisch bewegten Individuum, jedoch so, dass dasselbe an ihnen, seien sie auch noch so intensiver Natur, von seinem individuellen Standpunkt aus keinen weiteren Antheil nimmt und seinerseits nichts hineinträgt in die von ihm ausgeführte psychische Leistung. Findet aber eine solche Antheilnahme statt, gibt also das psychisch-bewegte Individuum seine Neutralität auf, so kann das nur möglich sein nach zwei entgegengesetzten Richtungen: entweder man wird gefördert, ist befriedigt und hat demnach keine Ursache, den Zustand zu verändern, kurz man befindet sich im Zustand der Lust; oder andererseits man wird gehemmt, ist unzufrieden und sucht den Zustand zu ändern: man befindet sich im Zustand der Unlust. Zu der »reinen, objectiven« psychischen Leistung kommt also etwas Neues hinzu: eine Gefühlsschattirung, kurz eine subjective Modification der ersteren. Diese Modificationen zeigen nicht bloss bedeutende quantitative Unterschiede (von leiser persönlicher Antheilnahme bis zu den heftigsten psychischen und körperlichen Erschütterungen), sondern auch bemerkenswerthe qualitative Unterschiede und mannigfach auseinander weichende Richtungen, für welche Sprache und Wissenschaft eine Menge von Bezeichnungen gebrauchen (die einzelnen Gemüthsbewegungen, Affekte, Leidenschaften u. s. w., deren nähere Charakteristik eine Aufgabe der Psychologie bildet). Hieher gehören:

1) sämmtliche Gemeingefühle ohne Ausnahme, welche eben nichts anderes sind als Empfindungen, die wir auf unsere eigene Leiblichkeit beziehen. Es kann sonach kein psychisch vollständig indifferentes Gefühl der Art geben (s. Abschnitt XXII.). 2) Solche objective Sinnesempfindungen, welche sich mit correspondirenden Gefühlen veränderter Körperzustände mehr oder minder verbinden (290). 3) Solche gewollte Bewegungen, deren Effekte nicht blos in einfachen, uns nicht unmittelbar interessirenden Veränderungen von Dingen der Aussenwelt bestehen. 4) Auch die Vorstellungen

in ihrem ganzen Umfang können den Vorstellenden hemmen oder fördern oder in einen gemischten Zustand versetzen, je nach der Bedeutung, die sie entweder für irgend eine seiner individuellen Existenzbedingungen oder für Ideen (moralische u. s. w.) haben, zu denen der Vorstellende ein bestimmtes Verhältniss einnimmt; sog. intellectuelle Gefühle.

512. Reine und subjective psychische Leistungen.

Die Eintheilung der psychischen Leistungen in reine oder objective einerseits und in subjective, von »psychischen Gefühlen« begleitete andererseits, hat eine wesentliche physiologische Bedeutung, denn gerade die psychischen Leistungen der zweiten Gruppe bieten die stärksten und constantesten Wechselwirkungen mit physiologischen Funktionen.

Beide Formen combiniren sich auf mannigfaltige Weise; hält sich die subjective Antheilnahme innerhalb engerer Schranken, so kann die psychische Thätigkeit auch in objectiver Hinsicht gewinnen an Stärke, Klarheit, Mannigfaltigkeit ihres Inhaltes u. s. w.; erreicht aber die subjective Antheilnahme einen höheren Grad, so nimmt der objective Werth der psychischen Leistung immer mehr ab. Jetzt gesellt sich zum Inhalt der objectiven Sinnesempfindung und deren Auslegung noch ein Weiteres, uns aber besonders Interessirendes, das eben nicht mit Nothwendigkeit in jener enthalten ist; jetzt wird die gewollte Bewegung vollführt nach theilweis verändertem, den äusseren Umständen oft nicht adäquatem Modus: sie ist schwächer oder stärker, hastiger, unruhiger, von Mitbewegungen und von stärkeren Nachwirkungen auf den Muskelzustand überhaupt begleitet; jetzt schlagen die Vorstellungen einseitige Richtungen ein, sie verlieren ihren Charakter als reine Operationen des »Verstandes«, sie werden modificirt durch das »Gemüth« und üben vielfache Reflexe aus selbst auf somatische Processe.

Alle psychischen Processe — die niederen wie die höheren — können also solche subjective Modificationen erleiden und dadurch mehr oder weniger ungenau werden. Bei manchen Menschen geschieht diese Antheilnahme leichter, bei anderen schwerer; bei dem Einen mehr nach dieser, bei dem Andern mehr nach jener Richtung. Die sinnlichen Empfindungen des »Nervösen«, die Bewegungen des »Leidenschaftlichen«, die Vorstellungen des »Gemüthlichen« u. s. w., sie haben alle ihren eigenthümlichen Typus. Maassgebend sind hier anhaltende oder vorübergehende körperliche oder psychische Momente: namentlich die Reizbarkeit des Nerven- und Muskelsystemes, die stationären Formen der Temperamente und die mehr vorübergehenden der Stimmungen, Affekte u. s. w.

513. Thier- und Menschenseele.

Sinnesempfindungen und Bewegungen sind die ersten psychischen Regungen des Kindes; mit Erwachen des Selbstbewusstseins gewinnen dieselben an Be-

stimmtheit und Gehalt, während zugleich die inneren psychischen Thätigkeiten immer weiter um sich greifen und Empfindungen und Bewegungen beherrschen. Anfangs sind es nur niedere, sinnliche und auf die eigene Individualität gerichtete Vorstellungen und Begriffe; später treten Begriffe höherer Ordnung auf. Aehnliche, freilich lange nicht so weit gehende, stufenweise Steigerungen bietet auch die Thierreihe. Man unterscheidet drei Stufen der seelischen Ausbildung:

1) Instinktive psychische Thätigkeiten. Die Thiere begehen Handlungen, welche durchaus im Einklang sind mit ihrer Organisation und ihren Lebensbedingungen überhaupt. Hieher gehören namentlich Streben nach Nahrung, Geschlechtstrieb, und Unlust an Schmerz. Bei den gesellig lebenden treten diese Leistungen in Theilung der Arbeit, Ausführung künstlicher Bauten, Wanderungen u. s. w. überraschend hervor, sodass sie den Schein freier Thätigkeiten annehmen. Alle diese Leistungen erfolgen aber unbewusst, mit zwingender Nothwendigkeit, aus dunkelen Gemeingefühlen; sie stehen in inniger Harmonie mit der Organisation der Gattung. Ihre Unfreiheit wird dadurch bewiesen, dass sie, keiner wesentlichen Steigerung fähig, den Charakter der Unveränderlichkeit in sich tragen (Cuvier). Innerhalb dieser engen Grenzen halten sich die Seelenerscheinungen bei den Wirbellosen, während sie sich bei Wirbelthieren immer höher entfalten, als

2) Bewusste psychische Thätigkeiten. Diese treten namentlich in den sog. Warmblütern, neben Aeusserungen des blossen Instinktes, in sehr mannigfaltigen Leistungen auf. Die Sinnesempfindungen sind vollkommen objectiv und häufig sogar viel schärfer und feiner als im Menschen; die gewollten Bewegungen dienen den verschiedenartigsten Zwecken; die Vorstellungen nehmen bestimmtere Formen an; aber alle Vorstellungen, auch des begabtesten Thieres, beziehen sich bloss auf die unmittelbar sinnliche Aussenwelt und damit sich combinirende »psychische Lust- und Unlust-Gefühle«. Die höheren Thiere haben sehr viele psychische Gefühle und deren Steigerungen zu Affekten u. s. w. mit uns gemein, ja sogar solche, die sich auf ein anderes Individuum ihres oder eines fremden Geschlechts und den Menschen selbst beziehen, wie Mitleid und Mitfreude, Affektion für ihre Jungen, Anhänglichkeit an ihren Herrn; ferner Freude und Trauer, Zorn, Kampflust, Furcht, Schrecken und Neid; ja selbst Regungen von Stolz und Eitelkeit fehlen in einzelnen Fällen nicht. Die Gemüthsaffekte der Thiere sind aber viel weniger intensiv und nachhaltig und greifen bei Weitem nicht so stark in die körperlichen Verrichtungen ein, wie beim Menschen. Als Krankheitsursachen treten sie beim Thier nur ausserordentlich selten, beim Menschen häufig auf.

Die psychischen Leistungen der höchsten Thiere sind, den niederen gegenüber, viel intensiver, vielseitiger, bei den Einzelthieren derselben Art ungleich differenter, individualisirter, und endlich durch Erziehung wesentlicher Vervollkommnungen fähig. Bemerkenswerth ist, dass dann, sowie durch den Einfluss

der Zähmung überhaupt, der Instinkt beeinträchtigt werden kann. Das höhere Thier hat demnach in seinen psychischen Thätigkeiten Vieles gemein mit dem Menschen, ja es übertrifft ihn sogar in einzelnen derselben; dagegen fehlt ihm, und zwar vollständig, die höchste Stufe der seelischen Leistungen:

3) das Vermögen, Begriffe zu bilden, die Vernunft, das ausschliessliche Besitzthum des Menschen. Das Thier ist bloss verständig, es ist schlechterdings unfähig, auch nur sinnliche Begriffe zu construiren, geschweige denn abgeleitete Begriffe höherer Ordnungen; desshalb schliessen auch seine Affekte und Leidenschaften — die höchsten Steigerungen seines psychischen Lebens — nur sinnliche Vorstellungen in sich ein. Eine solche Psyche hat und bedarf keine anderen Verständigungsmittel, als die einfachen Zeichen der sog. Instinktsprache: Mimik, Bewegungen, gewisse Töne; während der Mensch im Besitz zahlreicher Verständigungsmittel ist für alles Sinnliche und Intellektuelle und deren Eigenschaften und Relationen: der, seiner seelischen Entwickelung adäquaten, Zeichen der Vernunftsprache.

Die Verschiedenheiten im Körperbau zwischen dem Menschen und den höchsten Affen (Gorilla, Chimpanse) sind geringer als diejenigen, welche den Gorilla schon von den niederen Affen trennen. Wie anders verhält es sich bezüglich des Psychischen! Mit Unrecht wollte man die psychische Trennungslinie zwischen dem Menschen und den höchsten Thieren nicht gelten lassen, indem man namentlich auf den geistigen Zustand der niedersten Menschen hinwies. Dabei vergass man, dass es eben die geistige Entwickelungs**fähigkeit** ist, welche das Menschengeschlecht so unendlich über die begabtesten Thierarten erhebt, und die den letzteren geradezu abgesprochen werden muss.

514. Das Gehirn als Seelenorgan.

Man hat häufig den ganzen Körper für »beseelt« erklärt, insofern fast alle Theile desselben Leistungen für die Seele vermitteln und derselben Eindrücke zuführen oder von ihr Anregungen empfangen. Die Alten suchten die nächste Ursache einzelner Affekte und Leidenschaften in bestimmten Eingeweiden (Leber, Milz, Darm, Magen, Herz, alles Organe, die allerdings in gewissen Wechselbeziehungen zur Seele stehen); Bichat verlegte den Sitz der Affekte in den Sympathicus; Andere wie Pflüger und Auerbach betrachten auch das Rückenmark als ein Organ der Seele und nehmen für viele vom Rückenmark vermittelte, reflectorische oder automatische, Bewegungen den Charakter der Spontaneität in Anspruch. Die Mehrzahl der Physiologen und Aerzte dagegen bezeichnet das Gehirn als ausschliessliches Organ aller bewussten Lebensthätigkeiten. Nur in letzterem Sinne verfolgen wir die Frage, die zunächst von den Streitigkeiten über die Natur der Seelischen unberührt bleibt. »Seelensitze« sind uns darnach nur diejenigen Theile des Organismus, in welchen bewusste psychische Vorgänge an bestimmte physiologische Vorgänge mit Nothwendigkeit gebunden sind.

Die Untersuchung muss sich auf die Wirbelthiere beschränken, namentlich die höheren, in welchen die Zeichen spontaner Seelenthätigkeit unzweideutig hervortreten. In den übrigen Thieren, welche ein Hirn besitzen — die Definition des Gehirns hat freilich von

comparativ-anatomischer Seite Schwierigkeiten — mag dasselbe nicht ausschliessliches Organ der von unserer Frage nicht berührten instinctiven »Seele« sein. So betrachtet man das, im Kopf der Gliederthiere liegende, obere Schlundganglion als Hirn; nach Abtragung des Kopfes macht aber die Fliege häufig noch lebhafte, anhaltende Bewegungen, die Manche als »spontane« zu deuten geneigt sind.

Die Ansicht, dass das Hirn ausschliessliches Seelenorgan sei, kann folgendes für sich anführen: 1) Verstümmelung irgend eines zum vegetativen Leben nicht absolut nöthigen Körpertheiles beeinträchtigt die Psyche nicht, oder nicht nothwendig. 2) Die Empfindung und freiwillige Bewegung geht verloren in Theilen, deren Nervenzusammenhang mit dem Hirn aufgehoben ist (Nerven- und Rückenmarksdurchschneidungen). 3) Materielle Veränderungen des Gehirns, vorausgesetzt, dass sie nicht zu gering sind, beeinflussen die Seelenthätigkeiten mehr oder weniger. a) Wird das Gehirn der Thiere gedrückt, so zerfallen sie in einen bewusstlosen, soporösen Zustand; dieselben Symptome bietet der Mensch bei stärkerem Druck auf das Gehirn, z. B. durch Ausschwitzungen, Blutergüsse, Schädelbrüche mit Eindruck. Bei einem Menschen mit Defect eines Theiles des Schädelgewölbes schwand das Bewusstsein sogleich, wenn das blossliegende Hirn gedrückt wurde, und kehrte schnell zurück nach Aufhören des Druckes. b) Viele Localkrankheiten des Gehirnes, narkotische Vergiftungen, ferner Abnormitäten der Blutcirculation im Gehirn, und endlich Antheilnahme desselben an anderweitigen Krankheitsprocessen (Blutalterationen u. s. w.) setzen vorübergehende Veränderungen der psychischen Thätigkeiten, von leichten quantitativen Minderungen an bis zu eingreifenden Störungen des Bewusstseins, Delirium, Sopor u. s. w. 4) Wirkliche psychische Krankheiten sind häufig verbunden mit abnormen Zuständen des Gehirnes. 5) Mit vollkommener Entwickelung des Gehirns wächst bei den Wirbelthieren die Zahl der Triebe, Affekte und seelischen Vermögen überhaupt. 6) Das Gehirn scheint um so reizbarer zu sein, je höher die psychische Dignität der Thiere; beim Menschen ist es am vulnerabelsten.

Die obigen Beweismittel, von 3 an, haben freilich keine absolute Geltung; die Ausnahmen dürften übrigens häufig nur scheinbare sein. Es findet namentlich kein genauerer Parallelismus statt, weder zwischen dem Grad der materiellen Erkrankung des Gehirnes und den begleitenden psychischen Störungen, noch zwischen der Entwickelung des Gehirnes in der Wirbelthierreihe und der Ausbildung der Seelenthätigkeiten. In Einzelfällen von bedeutenden Entartungen, ja selbst von starkem Substanzverlust des Gehirnes, ist die Integrität der Psyche ausnahmsweise erhalten geblieben.

Der Einfluss der Grösse des Gehirnes wurde oft überschätzt. Der Caucasier bietet allerdings einen erheblich grösseren Durchschnittswerth des Gehirngewichtes als der Neger; die Gehirngewichte einer Reihe geistig begabter Männer aber, die Wagner zusammenstellte, sind im Endmittel nicht höher als die wohl entwickelter Gehirne überhaupt. Elephanten und Wale haben ein grösseres absolutes, die kleinen amerikanischen Affen, auch einige kleine Singvögel ein grösseres relatives (auf die ganze Körpermasse bezogenes) Hirngewicht als der Mensch.

515. Methodik der Hirnphysiologie.

In 96 wurden die, der Sensibilität und Motilität dienenden Leitungsbahnen im Gehirn, sowie diejenigen Organe des letzteren erwähnt, deren Reizung Schmerzen und (allerdings sehr vieldeutige) Bewegungen auslösen; in 357 die

Funktion der Vierhügel als Centrum für die Pupillenbewegung, in 216 und 135 die Bedeutung des verlängerten Markes für die Athem- und Herzbewegungen. Ist schon die Ermittelung der motorischen und sensibelen Leitbahnen im Gehirn sehr schwierig, so werden die Hindernisse vollends unbesiegbar, wenn es sich handelt um die etwaigen Beziehungen der verschiedenen Hirntheile zu den einzelnen psychischen Leistungen, so dass die hier möglichen Untersuchungsmethoden viel geringere Ergebnisse liefern, als sie von vorneherein zu versprechen scheinen. Sie sind:

1) Die anatomische Methode: die Untersuchung der Massenentwickelung der einzelnen Hirntheile. Je entwickelter ein Hirntheil, desto intenser wird seine Funktion sein; ein Satz, der eine gewisse Geltung beanspruchen darf, wenn man nicht vergisst, dass die Massenentwickelung nur ein Moment neben vielen anderen grossentheils unbekannten (chemische Zusammensetzung, Stoffwechselgrösse, circulirende Blutmenge u. s. w.) darstellt. Die comparativ-anatomische Methode sucht die absolute und relative Massenentwickelung der verschiedenen Hirntheile mit den psychischen Leistungen der Thiere zu vergleichen. Die Erfahrung lehrt aber, dass das Schwinden einzelner Hirntheile in der Thierreihe keineswegs begleitet ist von einem Schwinden specifischer psychischer Leistungen.

Auf die längst widerlegte sog. Phrenologie Gall's kann nicht eingegangen werden.

2) Das physiologische Experiment. Man beobachtet den psychischen Zustand des Thieres nach Reizung, Durchschneidung, oder völliger Ablösung bestimmter Hirntheile. Die Aufschlüsse führen nicht weit, weil 1) die Zeichen der Empfindung oder willkürlichen Bewegung an solchen verstümmelten Thieren trügerisch sind und 2) derlei Eingriffe viele, meistens unbekannte Nebenwirkungen auf die betreffenden, sowie auch auf andere Hirnorgane bedingen. Letzteres gilt auch von der

3) Pathologischen Erfahrung, welche die Sectionsresultate von Hirnkranken mit den psychischen Störungen vergleicht, welche sie im Leben boten.

516. Ausschneidung einzelner Hirntheile.

Werden die Hemisphären des Grosshirns in Warmblütern ausgeschnitten (Magendie, Flourens, Longet, Schiff, Vulpian, Renzi), so verfallen die Thiere in einen soporösen, oder richtiger passiven, Zustand, wobei übrigens die vegetativen Funktionen nicht wesentlich gestört sind. Die Empfindlichkeit der Cutis ist vollständig erhalten, Vögel putzen ihre Federn, wenn sie durch Ungeziefer geplagt werden; nach Kneipen der Haut schreien die Thiere und bewegen sich heftig (allerdings sehr vieldeutige Erscheinungen). Intensiver Schall und Licht stören, wenigstens nach den meisten Beobachtern, die Ruhe des Thieres nicht; werden dagegen bitter schmeckende Substanzen

auf die Zunge gebracht, so bewegen die Thiere die Zunge, verziehen die Lippen, öffnen und schliessen den Schnabel. Die Pupille bleibt übrigens nach Lichtreizen auf das Auge noch beweglich; wird ein heller Gegenstand dem Auge schnell genähert, so können selbst Rückwärtsbewegungen des Kopfes erfolgen. Der Muskelsinn ist erhalten; die Thiere sitzen oder stehen zwar regungslos, aber doch ohne das Gleichgewicht zu verlieren; sie laufen gerade fort, wenn sie gestossen werden und fliegen, wenn man sie in die Luft wirft, ohne aber dabei einem Hinderniss, z. B. einer Wand, auszuweichen. Sie fressen nicht; bringt man aber Nahrungsmittel auf den Hintertheil der Zunge, so werden dieselben abgeschluckt. Durch künstliche Fütterung können Vögel Monate lang erhalten werden.

Die Empfindungen sind nach der Abtragung des Grosshirnes jedenfalls noch erhalten, die intellectuelle Perception derselben scheint aber vollständig vernichtet. Nähere Schlüsse über die Verarbeitung der Sinneseindrücke, überhaupt auf den Umfang psychischer Thätigkeiten, die unter solchen Verhältnissen noch zurückbleiben, müssen dem Leser überlassen und von den, einander widersprechenden Auslegungen der Autoren Umgang genommen werden. In Fischen verursacht Abtragung der Grosshirnhemisphären, die Stundenlang überlebt wird, keine wahrnehmbaren Störungen; Säugethiere gehen aber in einigen Stunden zu Grunde.

Wird bloss die Grosshirnhemisphäre einer Seite im Vogel oder einem tiefer stehenden Säugethiere abgetragen, so bieten die Bewegungen beider Körperseiten keine auffallenden Unterschiede oder, wenn solche anfangs bestanden, so schwinden sie bald wieder (Schiff). Abtragung der (vorderen) Vierhügel verursacht nach Flourens Blindheit und zwar nach Abtragung des rechten Vierhügels im linken Auge. Nach Renzi und Lussana ist bloss die äussere Markschicht der Vier- und Sehhügel Centralorgan für den Sehsinn, wogegen die grauen Kerne beider Hirnorgane der Bewegung vorstehen. Starke Verletzung oder Krankheit der tieferen Schichten eines Sehhügels lähmt die Muskeln der entgegengesetzten Körperseite.

Nach Entfernung des Kleinhirnes (Flourens, Wagner, Schiff) tritt in Vögeln kein soporöser Zustand ein, die Sinnesauffassungen bestehen fort, das Thier frisst selbstständig, dagegen sind Gleichgewichtsstörungen vorhanden, schwankender Gang, allgemeines Muskelzittern, ferner zunehmende Neigung der Extremitäten (namentlich der hintern) zur Streckung, oder Verdrehung des Kopfes und Halses u. s. w. Diese Störungen schwinden übrigens, wenn die Thiere erhalten bleiben, nach einigen Tagen grossentheils wieder und es bleibt nur eine gewisse allgemeine Schwäche zurück. Lussana möchte das Kleinhirn als Centralorgan des Muskelsinnes betrachten.

Bei Erkrankungen des Kleinhirns bleiben die psychischen Funktionen häufig ungestört, dagegen wird das Stehen und Gehen öfters unsicher. Das Kleinhirn wurde häufig als Coordinationsorgan der Körperbewegungen bezeichnet; Combette beobachtete ein 11jähriges Mädchen mit Mangel des Kleinhirns (es ist nicht entschieden, ob derselbe angeboren war oder langsam entstand) bei normal entwickeltem Grosshirn; die Sinnesauffassungen waren nicht beeinträchtigt, der Gang unsicher, und die intellectuellen Vermögen nur schwach entwickelt.

517. Psychische Funktionen der einzelnen Hirntheile.

Es gibt keinen Theil des Gehirnes, dessen Verletzung oder Erkrankung nicht irgend welche Störung des Seelenlebens nach sich ziehen könnte; andererseits aber auch keinen, bei dessen Entartung die Seelenthätigkeiten ihre Integrität nicht behaupten könnten. Doch zeigen die Thatsachen des vorigen §, viel überzeugender aber Erfahrungen an hirnkranken Menschen, dass die verschiedenen Gehirntheile den psychischen Thätigkeiten gegenüber nicht gleichwerthig sind. Eine Präponderanz des Grosshirnes für die höheren seelilichen Funktionen ist nicht zu läugnen; dagegen können regelmässige oder auch nur vorwaltende Beziehungen einzelner Hirnorgane zu speciellen Formen und Richtungen des Seelenlebens nicht nachgewiesen werden. Das öftere Ausbleiben psychischer Störungen nach Erkrankungen bestimmter Hirntheile spricht wohl dafür, dass die einzelnen »Organe« einander gegenseitig »vertreten« können.

Die Bemühungen, den einzelnen Hirnorganen Beziehungen zu specifischen psychischen Thätigkeiten zuzuschreiben, wurzeln in althergebrachten psychologischen Anschauungen. Die psychischen Funktionen wurden nämlich in der Regel willkürlich zurückgeführt auf eine bestimmte Anzahl von Grundkräften. Aristoteles z. B. stellte deren 5 auf: das Ernährungs-, Empfindungs-, Begehrungs-, Ortsveränderungs- und Denkvermögen, und seit den Aristotelikern des Mittelalters betrachtete man vielfach die Seele als ein Aggregat selbstständiger und von einander an sich unabhängiger, wenn auch in äusseren Wechselwirkungen mit einander stehender Vermögen. Dieser Ansicht gegenüber gewann immer mehr die Ueberzeugung Eingang von der Einheit und Untheilbarkeit der Seele, und so wenig man heute daran denkt, den einzelnen physiologischen Funktionen specifische Grundkräfte zu unterlegen, von einer »Verdauungskraft«, »Nervenkraft« u. s. w. zu reden, ebensowenig glaubt man, dass mit der Annahme besonderer Seelenkräfte als Erklärungsprincip der psychischen Vorgänge irgend etwas gewonnen sei. Das psychologische Raisonnement kann demnach, ebensowenig als die physiologische oder medicinische Erfahrung, der Annahme besonderer und zahlreicher Hirnorgane als Lokalitäten specifischer Seelenthätigkeiten günstig sein.

Es fehlt nicht an Solchen, welche den »Sitz der Seele« in eine ganz bestimmte, consequenterweise unpaarige Lokalität des Gehirnes ausschliesslich verlegten. Die metaphysischen Gründe für die Annahme eines »Sensorium commune« gehören nicht hieher; uns ist genug, dass die Erfahrung durchaus dagegen spricht. Wir unterlassen desshalb die Aufzählung der Hirnorgane, die seit Descartes der Reihe nach wunderlicher Weise als ausschliesslicher Sitz der Seele betrachtet wurden.

518. Stoffwechsel im Gehirn.

Dass der Stoffumtrieb, sowie die chemische Constitution (s. 59) des Gehirnes innerhalb gewisser Grenzen sich bewegen müsse, wenn die psychischen Thätigkeiten normal von Statten gehen sollen, und dass umgekehrt die letzteren nicht

ohne Einfluss auf die vegetativen Processe im Gehirn sein werden, versteht sich von selbst. Unser Wissen aber über die Wechselwirkungen zwischen den materiellen Zuständen des Gehirnes und den Seelenerscheinungen geht kaum hinaus über einige allgemeine Sätze, zum Theil blosse Corollarien der Grundlehren der Physiologie der Ernährung. Die Vergleichung der chemischen Constitution der Gehirne verschiedener Thiere führt zu keinen hier direkt verwendbaren Resultaten; nach Bibra haben höher organisirte Thiere fettreichere Gehirne. Ueber Stärke und Art des Stoffumsatzes im Gehirn fehlen genauere Anhaltspunkte. Während beim Hungern und in vielen, mit Säfteverlusten verbundenen Krankheiten die Organe an Masse bedeutend verlieren und in ihrer chemischen Constitution wesentlich verändert werden, erleidet das Gehirn nur unbedeutende Veränderungen des Gewichtes und der chemischen Zusammensetzung; namentlich erfährt sein Fettgehalt keine wesentliche Beeinträchtigung (Bibra).

519. Blutlauf im Gehirn.

Die Blutbewegung im Gehirn bietet manche Eigenthümlichkeiten.

Der arterielle Zufluss zum Gehirn geschieht durch 4 bedeutende Canäle, die beiden Carotides internae und Vertebrales. Die ersteren versorgen besonders den vorderen, die letzteren den hinteren Theil des Gehirnes. Die wichtige Anastomose des Willis'schen Cirkels verbindet sowohl die Hauptarterien der rechten und linken Gehirnseite, als auch das Carotiden- und Vertebralarteriensystem unter sich.

Das Hirnvenenblut hat sehr zahlreiche Auswege, wodurch Stauungen desselben vorgebeugt wird. Die venösen Abflüsse sammeln sich sodann in grössere, gleich den Hirnvenen klappenlose, und unter sich mehrfache Communicationen bietende Canäle (Sinus). Die Sinus verlaufen innerhalb der Platten der harten Hirnhaut; dadurch werden sie einerseits vor äusserem Druck geschützt, andererseits aber auch unfähig sich auszudehnen. Bei Weitem das meiste Blut wird abgeführt durch die Jugulares internae, Fortsetzungen der Sinus transversi beiderseits. Ein hämodynamisches Interesse bieten die Sinuszusammenflüsse am Torcular Herophili. Der Sinus longitudinalis superior mündet nämlich meistens in den Anfang des rechten Sinus transversus, der Sinus rectus dagegen, der besonders das Blut aus den Hirnkammern (Vena magna Galeni) zurückführt, in den Anfang des linken Sinus transversus. Die Ströme des Sinus longitudinalis und Sinus rectus gehen also an einander vorbei, ohne sich zu stören. Die Sinus transversi nehmen in ihrem weiteren Verlauf, bis zu dem Foramen jugulare beiderseits, das Blut fast aller Hirnsinus auf; sie stellen überhaupt einen Centralcanal dar, durch welchen fast alle Sinus direkt oder indirekt mit einander zusammenhängen und der unter Umständen selbst eine Umkehr der gewöhnlichen Stromrichtungen gestattet; so muss z. B. das Blut von der rechten Seite des Gehirns durch die linke Jugularis abfliessen können u. s. w.

Dem Hirnvenenblut stehen noch folgende Abflüsse offen: 1) durch das grosse Hinterhauptsloch; die Hirnsinus sind, mittelst der Sinus occipitalis posterior und anterior, in Verbindung mit dem Venengeflecht des Wirbelcanals; 2) unter Umständen durch die Fissura orbitalis superior; die beiden Venae ophthalmicae münden in den Sinus cavernosus ihrer Seite; endlich werden 3) durch mehrere kleinere Löcher der Schädelknochen, vermittelst der Vasa emissaria und 4) durch die Venen der Diploë der Schädelknochen Verbindungen mit den äusseren Kopfvenen hergestellt.

Minderung der Blutzufuhr. Die Unterbindung einer Carotis ist nach zahlreichen chirurgischen Erfahrungen häufig ohne Folgen auf das Gehirnleben; in etwa einem Drittel der Fälle wurden Störungen des Sehvermögens der betreffenden Seite, oder Ohnmacht sogleich nach dem Gefässverschluss, oder eine länger andauernde psychische Schwächung, Lähmung oder Halblähmung der entsprechenden Gesichtsseite oder einer Extremität wahrgenommen. Die

Unterbindung beider Carotiden, selbst wenn sie in zwei von einander ziemlich entfernten Terminen geschieht, ist immer von eingreifenden Symptomen begleitet. Nach Abbindung beider Vertebralarterien am Hunde beobachtete A. Cooper als Nächstwirkung namentlich vermehrte Athem- und Pulsfrequenz, eine Folge der nunmehrigen Blutarmuth der Medulla oblongata. Vollständige plötzliche Absperrung der arteriellen Blutzufuhr zum Hirn bedingt sogleich Bewusstlosigkeit, allgemeine Krämpfe und sehr schnell den Tod.

A. Cooper unterband einem Hund alle 4 Arterien innerhalb eines Tages; es traten Bewusstlosigkeit, Lähmung der einen Körperseite und Krämpfe auf; nach einigen Tagen aber erholte sich das Thier allmälig. Mehrere Anastomosen leiten dann die Circulation wieder ein; z. B. zwischen der unteren und oberen Arteria thyreoidea; zwischen der Cervicalis ascendens und Zweigen der Carotis externa. Nach Kussmaul und Tenner verfallen Kaninchen, wenn man die Carotiden, sowie die Art. subclaviae vor Abgang der Vertebrales, plötzlich abbindet, sogleich in tiefe Ohnmacht und allgemeine Krämpfe. Letztere stellen sich auch ein, wenn man vorher die Grosshirnhemisphären durchschnitten hat; sie sind besonders bedingt durch die Stockung der Circulation in den Basaltheilen des Gehirns, Crura cerebri, Pons u. s. w. Plötzlicher starker Blutverlust veranlasst ebenfalls Ohnmacht, Schwinden des Bewusstseins und Krämpfe.

Vermehrte Blutzufuhr zum Gehirn verursacht Schwindel, Irrereden, Betäubung; auch auf Injection von venösem Blut in die Carotis von Thieren folgen schwere Symptome und selbst der Tod (Bichat). Der Uebergang vieler Substanzen (Aether, manche Gase, Narcotica u. s. w.) in das Blut, überhaupt alle eingreifenderen Veränderungen der Blutbeschaffenheit, beeinträchtigen die Hirn- und Seelenfunktionen. Alle diese Thatsachen zeigen, dass das Gehirn nicht bloss einen bedeutenden Stoffumsatz (namentlich von absorbirten Gasen) bietet, sondern auch in hohem Grade empfindlich ist gegen viele Veränderungen der Blutbeschaffenheit.

520. Hirn- und Rückenmarksflüssigkeit.

Die, besonders von Cotugno und Magendie untersuchte Cerebrospinalflüssigkeit erfüllt die Hirnhöhlen und umgibt die ganze freie Oberfläche des Gehirnes und Rückenmarks. Sie zeigt die allgemeinen Eigenschaften der serösen Flüssigkeiten, reagirt alkalisch und führt sehr schwankende Mengen (durchschnittlich etwa 1 %) Fixa (namentlich Eiweiss und grössere Mengen unorganischer Bestandtheile).

Man unterscheidet 1) den Liquor subarachnoideus. Dieser umspült die Cauda equina, das Rückenmark, Gehirn und die Nervenursprünge; er befindet sich besonders in den Lücken zwischen der Arachnoidea und Pia mater und zwar in der Schädelhöhle namentlich zwischen dem verlängerten Mark und Kleinhirn, und an der Hirnbasis zwischen dem Vorderrand der Brücke und dem Chiasma opticum, sodass besonders das Infundibulum davon umspült wird. 2) Der Liquor intraventricularis ist, in viel kleinerer Menge, in den seitlichen, sowie dem 3. und 4. Ventrikel enthalten.

Das Foramen Monroi und der Aquaeductus Sylvii vermitteln den Zusammenhang des Wassers dieser verschiedenen Räume, sowie auch nach Magendie der Liquor intraven-

tricularis mit dem Liquor subarachnoideus frei communicirt durch eine an der Spitze der Schreibfeder des verlängerten Markes befindliche, etwa 3 Linien grosse, Oeffnung des unteren Gefässhautvorhanges der Pia mater, welche sichtbar wird, wenn man die Läppchen des unteren Wurmes etwas aufhebt.

Die Flüssigkeit, deren Menge Magendie auf 60 Gramme schätzte, ist ein Schutzmittel für Gehirn und Rückenmark. Wird die harte Hirnhaut, namentlich zwischen Hinterhauptsbein und Atlas angestochen, so läuft die Flüssigkeit in einem Strahl aus; das Gehirn und Rückenmark ist also einem nicht unbedeutenden aber allseitigen Druck von Seiten des Liquor cerebrospinalis ausgesetzt.

521. Hirn- und Rückenmarksbewegungen.

An der grossen Fontanelle des Säuglings, in der Knochenlücke von Trepanirten, beim pathologischen Schwund der Knochensubstanz an einer Stelle des Schädels, bemerkt man rhythmische Bewegungen in Form abwechselnder Hebungen und Senkungen der Hirnhäute. Die Meningen des Rückenmarks bieten in Kindern mit Spina bifida (einer Missbildung mit fehlenden Dornfortsätzen der Wirbel) eine ähnliche Erscheinung. Man unterscheidet 1) die arterielle Hirnbewegung. Die grossen Arterien des Schädelgrundes, namentlich Carotis interna und Basilaris, dehnen sich aus während der Ventrikelsystole, erheben das Gehirn ein wenig und drücken die Hirnhäute in die Knochenlücke ein. Diese, mit dem Arterienpuls synchronischen, Bewegungen fehlen in kleinen Thieren und sind auch an grossen am Rückenmark nicht mehr deutlich wahrnehmbar. Viel stärker dagegen ist 2) die respiratorische Hirnbewegung, namentlich bei tiefen und zugleich hastigen Athemzügen. Während der Ausathmung heben, zur Zeit der Einathmung aber senken sich die Hirn- und Rückenmarkshäute. Die Hebung hängt ab von der am Anfang der Exspiration erfolgenden Vermehrung des arteriellen Zuflusses und der gleichzeitigen Minderung des venösen Rückflusses aus dem Gehirn; die Senkung erklärt sich durch die Umkehr dieser mechanischen Bedingungen während der Inspiration.

Im normalen Schädel, der überall geschlossen ist, kann ein solches Ausweichen der Hirnhäute natürlich nicht vorkommen, wohl aber ist gestattet 1) in geringem Grade einige Verschiebung von Hirnwasser innerhalb der Schädelhöhle und 2) das Ausweichen einer kleinen Menge Hirnwasser in den Subarachnoidalraum des Rückenmarkes, der einer schwachen Ausdehnung fähig ist, insofern die Wandung des Wirbelcanales nicht so starr ist als die des Schädels. Daraus folgt, dass der Blutvorrath des Gehirnes nur insofern zu- oder abnehmen kann, als die Füllung der Lymphgefässe innerhalb der Schädelhöhle, namentlich aber die Menge des Liquor cephalicus, entsprechend sinkt oder wächst.

Das Gehirn ist in höherem Grade als die meisten übrigen Körperorgane gegen starke Schwankungen seiner Blutfüllung geschützt und es ist wahrscheinlich, dass bei Steigerung oder Minderung des Stoffwechsels des Hirnes der Blutvorrath desselben viel weniger als die circulirende Blutmenge Abänderungen erfährt. In kleinen Kindern mit nachgiebigen Fontanellen muss dagegen der Blutvorrath des Hirnes mehr wechseln, ohne Zweifel eine

der Ursachen, warum gerade in diesem Lebensalter Gehirnsymptome so gerne zu sehr verschiedenartigen Krankheiten sich gesellen.

522. Psychischer Process und Hirnthätigkeit.

Die Grundfrage, bei welcher Physiologie und Psychologie auf halbem Wege sich begegnen, nämlich: in welchem Verhältnisse steht der psychische Process überhaupt zur Hirnthätigkeit, ist von jeher sehr verschieden beantwortet worden. Die spiritualistische Hypothese nimmt zwischen dem Seelischen und Materiellen einen wesentlichen Gegensatz an. Die Seele ist ein von der Materie durchaus Verschiedenes, ihrem innersten Wesen nach betrachtet, für sich Bestehendes und mit dem Leib, trotz vielfacher Wechselbeziehungen, nur »äusserlich« verbunden. Die materialistische Hypothese dagegen läugnet das Vorhandensein eines besonderen Seelischen; die psychischen Erscheinungen sind lediglich Aeusserungen von im Hirn ablaufenden physiologischen Processen; psychische Thätigkeit ist nichts anderes als Hirnfunktion, beide verhalten sich wie Wirkung und Ursache. So sagte, um einen prägnanten Ausdruck für diese Anschauung anzuführen, Cabanis, »um sich eine genaue Vorstellung zu machen von den Operationen, aus welchen der Gedanke hervorgeht, muss man das Hirn betrachten als ein specifisches Organ, befähigt, den Gedanken zu erzeugen, gerade wie der Magen und die Gedärme die Verdauung bewirken, wie die Leber die Galle aus dem Blute filtrirt.«

Der Spiritualismus ist ausser Stand, sich Vorstellungen zu bilden 1) von den Wechselbeziehungen zwischen Leib und Seele (wie soll ein Immaterielles, d. h. ein den Gesetzen der Körperwelt Entzogenes, auf das Materielle einwirken und umgekehrt vom Letzteren Anstösse empfangen?) und 2) von den Schicksalen der Seele, wenn der Leib, mit dem sie verbunden ist, zerfällt. Hierin bietet der Materialismus im Princip keine Schwierigkeiten; wohl aber beginnen diese sogleich schon bei den ersten Schritten auf diesem Gebiet. Liegt schon zwischen niederen psychischen Vorgängen, z. B. den sinnlichen Empfindungen des Roth, des Bittern u. s. w. und den, diese Empfindungen unmittelbar erregenden Nervenprocessen, eine unausfüllbare Kluft; sind wir also schon da, wo die Seele notorisch angeregt wird von einem bestimmten Aeusseren, nicht entfernt im Stande, einzusehen, wie die, hier unläugbar vorhandene, besondere materielle Bewegung im Hirn umgesetzt wird in diese besondere Form von Empfindung; ist sogar die Kenntniss der (zur Zeit gänzlich unbekannten) besondern physischen und chemischen Vorgänge im nervösen Sehapparat, welche an die specifischen Empfindungen des Blau, des Roth u. s. w. gebunden sind, ausser Stand den betreffenden Empfindungsinhalt zu erklären; was soll es dann nützen, auch die höheren, von der Aussenwelt zunächst unabhängigen Leistungen der Seele, die Vorstellungen, Begriffs- und Urtheilsbildungen, in ihrer unendlichen Vielheit, als Resultate ebenso vieler correspondirenden Bewegungen der Hirnsubstanz anzusehen! Der seelische Vorgang ist schlechterdings nicht ver-

gleichbar mit irgend einem physischen Vorgang, also nicht erklärlich aus materiellen Veränderungen im Gehirn. Wenn mit veränderten Zuständen des Hirns (514) auch die psychischen Funktionen anders sich gestalten, so beweist das eben nur, dass — was Niemand läugnet — die Seele bestimmbar ist vom Gehirn aus, und dass die Intensität, Klarheit u. s. w. des psychischen Processes abhängen kann von Zuständen des Gehirnes. Aber alle diese Momente, welche der Materialismus so sehr betont, die Blutzufuhr, die chemische Constitution, der Grad und die Art des Stoffwechsels, kurz sämmtliche physische Charaktere und Vorgänge im Hirn, sie sind bloss von modificirendem Einfluss auf die Seele, nun und nimmermehr aber stellen sie die wahren, zureichenden, nächsten Ursachen der Seelenerscheinungen selbst dar. Ist der Materialismus somit nicht im Stande, Seelisches und Materielles wissenschaftlich zu vermitteln, so entrückt sich der Spiritualismus geradezu der Beurtheilung der Naturwissenschaft, die es ja nur mit sinnlichen Dingen und deren begrifflichen Ableitungen zu thun hat. Diese Fragen sind jeder eindringlicheren naturwissenschaftlichen Analyse unzugänglich; ihre Verfolgung auf apriorischem oder gar dem, uns vollständig fremden, rein speculativen Weg, gehört nicht hieher.

523. Wechselwirkungen zwischen Seele und Organismus.

Von den drei Hauptformen der Seelenthätigkeit: Empfindung, willkürliche Bewegung und Vorstellung, wurden die ersteren, sammt ihren körperlichen Bedingungen, in früheren Abschnitten abgehandelt; wir betrachten hier vorzugsweise die Einflüsse, welche die Vorstellungen auf den Körper ausüben und umgekehrt die Bestimmungen, welche die Seele vom Gesammtorganismus empfängt.

Die Wechselbeziehungen zwischen Seele und Körper werden vermittelt durch das Gehirn und die Nerven; ausserdem aber beeinflusst der Körper das Gehirn auch vermöge des durch letzteres strömenden Blutes. Diese beiderseitigen Einwirkungen sind, wenigstens insofern sie deutliche Wirkungen setzen, entweder excitirend, fördernd, oder deprimirend, hemmend. Körperliches Wohlbefinden unterstützt den Gang der psychischen Thätigkeiten, wogegen diese durch zahlreiche Krankheitszustände beeinträchtigt werden. Andererseits hat auch die Seele, je nach ihren Stimmungen, entsprechende Begleitzustände des Körpers zur Folge. Zwischen beiden, mannigfaltiger quantitativen Abstufungen fähigen, Extremen liegt ein neutrales Gebiet, d. h. jene zahlreichen Zustände des Körpers, welche das psychische Verhalten nicht, oder doch nicht merklich beeinflussen, und anderseits alle jene, nicht minder zahlreichen psychischen Zustände, welche auf die körperlichen Verrichtungen keinen deutlichen Einfluss äussern. Die hauptsächlichsten Bestimmungsglieder bei diesen Wechselwirkungen sind:

I. Stärke des primären Processes. Je stärker die psychische Be-

wegung, um so leichter stellen sich begleitende oder nachfolgende somatische Wirkungen ein, und um so stärker und ausgebreiteter werden dieselben. Andererseits wächst mit Zunahme der somatischen Bewegung der secundäre psychische Effekt; leichte Schmerzen z. B. verändern nur wenig, heftige dagegen sehr bedeutend das psychische Verhalten.

II. Art des primären Processes. Bestimmte Seelenzustände lösen mit Vorliebe gewisse körperliche Wirkungen aus, und umgekehrt. Solche specifische Wirkungen treten um so sicherer auf, je stärker der primäre Process und je mehr bei demselben unser eigenes Ich betheiligt ist. Das ruhige objective Denken einerseits verändert den Körper, die einfache Sinnesempfindung andererseits die Seele, verhältnissmässig nur wenig; während starke Gemeingefühlsempfindungen die Seele specifisch anregen und intense Affekte und Leidenschaften den Körper auf's Heftigste erschüttern. Manche Affekte weisen eine grosse Regelmässigkeit in ihren körperlichen Reflexen auf, während andererseits viele specifische Stimmungen der Seele, sog. »psychische Gefühle«, veranlasst werden durch bestimmte Nervenerregungen. Gewisse Organe bieten sogar konstante Wechselwirkungen mit der Seele, so namentlich die Speicheldrüsen, der Magen und die Geschlechtstheile. Sie erregen nämlich lebhafte, auf ihre Verrichtungen bezügliche Vorstellungen, Affekte und Leidenschaften, während umgekehrt analoge Vorstellungen wieder rückwirken auf die betreffenden Organe selbst.

III. Erregbarkeit des abhängigen Theils. Die psychische Empfänglichkeit für somatische Eindrücke wechselt in hohem Grade nach der Individualität und nach den vorübergehenden Gemüthsstimmungen; dessgleichen können psychische Bewegungen derselben Art in verschiedenartige leibliche Wirkungen umschlagen. Besonders zugänglich für psychische Reflexe sind die Organe, wenn sie auf dem Höhepunkt ihrer Thätigkeit oder in gewissen krankhaften Zuständen sich befinden. Desshalb sind Gemüthsbewegung eine zahlreiche Quelle von Verschlimmerungen und Recidiven in Krankheiten und von den Kranken sorgfältig abzuhalten. Durch längere Dauer und häufige Wiederkehr können übrigens die somatischen Wirkungen vieler Affekte bedeutend geschwächt werden.

Die Alten haben die Wechselbeziehungen zwischen Seele und Körper, namentlich die leiblichen Bedingungen des psychischen Verhaltens, zu dogmatisch aufgefasst, z. B. in der Lehre von den Temperamenten. Neuerdings haben besonders J. Müller und Domrich die Rückwirkungen des Vorstellens auf die Körperorgane einer ausführlichen physiologischen Analyse unterworfen.

524. Körperliche Einflüsse auf die Seele.

Die Gemeingefühle sind hier allen anderen Ursachen voranzustellen; ihr tiefgreifender Einfluss auf das psychische Verhalten wurde schon in 446 angedeutet. Das Gefühl des Wohlbefindens (453), ein allgemeines Muskelgefühl, fördert in hohem Grade den Gang der psychischen Thätigkeiten. Es

begünstigt die Operationen des Verstandes, gestattet intensives und anhaltendes Denken, verleiht der gemüthlichen Stimmung eine, mit der Individualität harmonische Richtung; es vermehrt unser Selbstgefühl, disponirt für freudige Gemüthsbewegungen, und deren Steigerungen zu excitirenden Affekten: Heiterkeit, Lustigkeit, Entzücken, Hoffnung, Muth u. dgl., welche dann ihrerseits wieder fördernd zurückwirken auf die somatischen Verrichtungen. Das Gefühl des Uebelbefindens, der Abgeschlagenheit u. s. w. stört die Operationen des Verstandes; die Ideenassociation ist herabgesetzt; wenige Vorstellungen beschäftigen den Menschen; in den höheren Graden stellt sich nicht bloss Unlust, sondern geradezu Unfähigkeit zum Denken ein. Die gemüthliche Stimmung nimmt den Charakter der Depression an; traurige Gemüthsbewegungen und Affekte herrschen vor, von leichter »Verstimmung« bis zu den intenseren Zuständen des Kummers, Grames u. s. w.; man ist zu Sorge, Furcht, Angst disponirt; Verdruss, Aerger und analoge Affekte treten bei geringfügigen Veranlassungen auf. Diese deprimirenden Beeinflussungen der Seele durch den Körper sind um so stärker, je lebhafter die veranlassenden Gemeingefühle sind und je mehr dieselben Organe treffen, die gewöhnlich uns keine Empfindungen verschaffen (Brust- und Unterleibsorgane). Jedes Gemeingefühl hat endlich als solches etwas Specifisches oder bezieht sich auf einen besonderen Körpertheil; desshalb geben viele Gefühle der Art, z. B. Schwindel, Hunger, Ekel, den Vorstellungen und dem gesammten psychischen Verhalten noch ganz besondere Richtungen.

Die objectiven Sinnesempfindungen lassen häufig die Individualität des Empfindenden unbetheiligt; sie sind übrigens ebenfalls im Stande, den Empfindenden auf das Vielfachste, namentlich gemüthlich anzuregen, wenngleich ihr Einfluss nicht so tief reicht, als der der Gemeingefühlssensationen (traurige und fröhliche Melodien, excitirende und deprimirende Farben, Helligkeit u. s. w.).

Endlich beeinflusst der Körper die Seelenthätigkeiten in bemerkenswerther Weise vermöge der Beschaffenheit des durch das Gehirn fliessenden Blutes. Die gehörige Zufuhr von arteriellem Blut, also namentlich von Sauerstoff, zum Hirn ist eine Bedingung der freien Entfaltung der psychischen Thätigkeiten. Viele Blutveränderungen, namentlich stark venöse Blutbeschaffenheit, Anwesenheit gewisser Produkte des pathologischen Stoffwechsels, sowie der Uebergang von Spirituosen, Narcotica u. s. w. in das Blut, verändern die psychischen Functionen in hohem Grade.

Geringe Gaben Narcotica und Spirituosa veranlassen psychische Gefühle und Affekte mit dem Charakter der Excitation, Freude, Fröhlichkeit u. s. w.; sie befördern die Ideenassociation und zwar besonders der phantastisch-plastischen Vorstellungen, viel weniger dagegen das abstracte Denken, dem sie sogar meist hinderlich sind. In gesteigerten Graden der Wirkung werden die immer noch lebhaften Vorstellungen unregelmässig, selbst bizarr, und erhalten fast noch intensivere sinnliche Färbungen. Die stärksten Grade aber sind von heftigen Delirien, vollständigem Verlust des Bewusstseins, und endlich tief soporösen Zuständen begleitet.

525. Einfluss der Vorstellungen auf die Sinne.

Unsere Vorstellungen, ganz besonders diejenigen sinnlicher Dinge, sind behaftet mit den Attributen der Sinnlichkeit; unsere Gedanken werden also auch beim vollständigen Abschluss der Sinnesreize gewissermaassen von Surrogaten der Empfindungen begleitet, welche unter Umständen eine gewisse Deutlichkeit gewinnen und scheinbar selbst in förmliche Empfindungen übergehen.

Man unterscheidet: 1) Einfach sinnliches Vorstellen, z. B. von Farben, Formen, Tönen. 2) Sinnliches Erinnern, d. h. das Vorstellen früher gehabter specieller Sinnesempfindungen, bezüglich der Formen z. B. sehr lebhaft bei bildenden Künstlern. 3) Phantastische Vorstellungen. Sie bestehen weder in Wiederholungen früherer Sinnesempfindungen, noch in ganz neuen Schöpfungen. Sie sind vorzugsweis ausgestattet mit den Qualitäten der Sinnlichkeit, mit prächtigen Farben, enormen Dimensionen, auffallenden Formen. Hieher gehören viele sinnlichen Traumvorstellungen. 4) Aber nicht bloss sinnliche, sondern auch höhere Vorstellungen sind begleitet von manchfaltigen Anklängen der Sinnlichkeit: die Produktion abstrakter Begriffe verbindet sich häufig mit verwandten sinnlichen Vorstellungen. Das gesammte Denken erfolgt in gehörten Sprachlauten.

Am bevorzugtesten ist beim sinnlichen Vorstellen der Seh- und Hörsinn, viel weniger das Getast. Geruch und Geschmack stehen auch hierin weit zurück. Es können auch Gemeingefühlsempfindungen und ganz ausnahmsweis selbst Schmerzen durch sehr lebhafte Vorstellungen erregt werden. Die sinnlichen Vorstellungen sind in der Regel ausserordentlich viel schwächer und blässer als die entsprechenden Sinnesempfindungen; nur die sinnlichen Traumvorstellungen können unter Umständen einen bemerkenswerthen Grad von Lebhaftigkeit gewinnen und selbst nach dem Erwachen einige Augenblicke als verblassende Nachempfindungen fortbestehen (Gruithuisen).

Die sinnlichen Vorstellungen hängen keineswegs mit Vorgängen in den peripheren Sinnesnerven zusammen, denn auch bei Blind- und Taubgewordenen fehlen Gesichts- und Gehörvorstellungen nicht, obschon sie mit zunehmender Dauer des Defektes dieser Sinne immer seltener und schwächer werden. Bei in früher Jugend Erblindeten hören die Gesichtsvorstellungen endlich ganz auf. Der Vorgang des sinnlichen Vorstellens ist kein in der Seele einseitig ablaufender Akt, sondern er ist begleitet von physiologischen Processen in den Nervencentren; von welcher Natur diese aber sind, wie sie sich verhalten zum psychischen Akt des Vorstellens, sowie zu den, die objectiven Empfindungen veranlassenden Nervenprocessen, ist unbekannt. Die hieher gehörigen Sinnestäuschungen s. 300.

526. Einfluss der Vorstellungen auf die Muskeln.

Sehen wir ab von den rein willkürlichen Bewegungen — bei welchen die Abhängigkeit der Muskeln sich von selbst versteht — so sind folgende Verhältnisse zu unterscheiden:

1) Die psychischen Einflüsse auf den Muskelzustand über-

haupt. Alle deprimirenden Vorstellungen, Affekte und Leidenschaften setzen die Muskelkraft mehr oder weniger herab; die Gesichtszüge werden schlaff, das Auge starr, die Stimme schwach, dumpf und tiefer, die Beine tragen den Rumpf weniger gut, die gewollten Bewegungen geschehen schwach, selbst zitternd und ungenau. Die excitirenden Vorstellungen und Affekte dagegen erhöhen die Leistungsfähigkeit der Muskeln; die gewollten Bewegungen gehen kräftig und schnell von Statten und sind häufig von Mitbewegungen begleitet; die Athembewegungen sind gesteigert, die Stimme ist stärker und höher, die Gesichtszüge nehmen bestimmte prägnante Charaktere an. Die meisten Gemüthsbewegungen, excitirende wie deprimirende, vermehren die Zahl der Herzschläge und zwar um so mehr, je plötzlicher und je heftiger sie auftreten.

2) Bewegungen nach Vorstellung von Bewegungen. Vorstellungen einer Bewegung veranlassen in uns sehr häufig Erregungen der betreffenden Muskulatur und zwar von bloss leichten Muskelinnervationen an, welche höchstens Spuren schwacher Muskelgefühle verursachen, bis hinauf zur Ausführung starker, energischer Bewegungen selbst. Die einzelnen Muskelgruppen sind übrigens diesen psychischen Einflüssen in sehr verschiedenem Grade ausgesetzt oder zugänglich, am meisten die Muskeln des Gesichtes, des Bodens der M. ndhöhle, (die Vorstellung von Gähnen reflektirt sich regelmässig auf diese Muskeln) und die Athemmuskeln. Solche Bewegungen treten leichter ein, wenn sich die betreffenden Vorstellungen auf unseren eigenen Körper beziehen.

Ausserdem werden die automatischen Bewegungen durch psychische Zustände mannigfaltig beeinflusst. Jede Vorstellung von Athembewegungen verändert sogleich unsere eigene Respirationsrhythmik; sind wir im Gehen begriffen, so werden unsere Schritte augenblicklich etwas verändert, wenn unsere Vorstellungen dem Gehen überhaupt sich zuwenden. Endlich können solche maschinenmässig ausgeführten Bewegungen vorübergehend sogar zum Stillstand kommen, wenn irgend ein, uns stark beschäftigender Gedanke auftaucht; wir bleiben dann plötzlich stehen, wir hören auf mit einer Handarbeit u. s. w.

3) Vorstellungen von Dingen und Körperzuständen, die mit bestimmten Bewegungen gewöhnlich verknüpft sind, lösen solche Bewegungen aus. Die Vorstellung ekelhafter Dinge kann Ekel, d. h. anomale Bewegungen der Muskeln des Hintermundes und Schlundes nach sich ziehen. Hieher gehören auch die, entweder nur angedeuteten oder selbst leise und schwach ausgeführten Bewegungen der Stimm- und Sprechwerkzeuge, welche unsere Vorstellungen gehörter Worte, überhaupt unser Denken, so häufig begleiten.

4) Die bisher behandelten Erscheinungen im Muskelsystem haben an sich — wenn auch die innere Mechanik und somit die Nothwendigkeit der Vorgänge selbst nicht aufgeklärt ist — nichts Auffallendes und erscheinen uns fast als natürliche Begleiter der Seelenzustände. Es gibt aber noch zahlreiche Vorstellungen, die sich nicht, oder bei Weitem nicht ausschliesslich, auf Muskeln und Bewegungen beziehen und die gleichwohl bestimmte Zustände im Muskelsystem mit einer gewissen Gesetzmässigkeit auslösen: nämlich Verän-

derungen des Blickes und Gesichtsausdruckes, sowie die, in gewissen Stellungen und Bewegungen des Körpers und der Gliedmaassen bestehenden Geberden. Wir beschränken uns auf die

527. Mimischen Bewegungen.

1) Je thätiger die Seele, desto ausdrucksvoller ist das Gesicht. Desshalb ist das Antlitz des Idioten ausdruckslos und auch das des Schlafenden von der Art, dass (selbst die Träume nicht ausgenommen) auf Abwesenheit intenser psychischer Processe geschlossen werden darf. Darum bietet auch das Kind nur wenige Wechselzustände seines Antlitzes, die erst mit zunehmender seelischer Entwicklung immer zahlreicher und ausgeprägter werden. Dabei sind aber nicht bloss unsere eigenen psychischen Bewegungen maassgebend, sondern sehr vielfach auch das, was wir an den Mienen der Nebenmenschen absehen. Am Blinden verliert sich in der That das Mienenspiel immer mehr.

2) Bestimmte mimische Bewegungen sind mehr oder weniger konstante, also charakteristische Begleiter bestimmter psychischer Bewegungen.

An und für sich erfolgen die mimischen Bewegungen unbewusst, bei vielen Menschen aber werden sie im Verlauf der Erziehung absichtlich entweder feiner ausgebildet oder auch mehr oder weniger unterdrückt. Sie ermöglichen desshalb in vielen Fällen sichere Schlüsse auf die jeweiligen psychischen Vorgänge selbst; sie erläutern den Sinn der gesprochenen Worte und verstärken bedeutend deren Eindruck.

3) Die häufige Wiederholung derselben Bewegung bringt die betreffenden Muskeln zu stärkerer Entwicklung, wodurch das Antlitz auch im ruhigen Zustand nach und nach einen b l e i b e n d e n Typus, als mehr oder weniger specifischen Ausdruck eines bestimmten geistigen Charakters gewinnt.

4) Die mimischen Bewegungen unterstützen, namentlich vermöge der durch sie bedingten Muskelgefühle, entschieden die Auffassung und Beurtheilung unserer eigenen Seelenzustände. Ja noch mehr, gewisse Lagen der Theile unseres Gesichts veranlassen sogar gewisse Seelenstimmungen, und die letzteren verschwinden leichter, wenn die Lage jener Theile geändert wird, z. B. wenn wir mit der Hand die Runzeln der Stirn glätten und damit das durch die Thätigkeit des M. frontalis bedingte Gemeingefühl beseitigen.

5) Die mimischen Bewegungen befriedigen ein somatisches, wie psychisches Bedürfniss. Verziehen des Gesichtes und Schreien z. B. sind nicht bloss Begleiter, sondern auch Erleichterungsmittel heftiger Schmerzen. Unterdrücktes Lachen kann bei fortbestehenden adäquaten Vorstellungen unangenehme Muskelgefühle hervorrufen. Es werden somit diejenigen mimischen Bewegungen gemacht, welche einen dem Individuum (absolut oder, bei vorhandenen Schmerzen, relativ) genehmen Gemeingefühlszustand herbeiführen.

6) Viele der durch angenehme Vorstellungen, Affekte u. s. w. ausgelösten mimischen Bewegungen gleichen denjenigen Bewegungen der Gesichtsmuskeln, welche angenehme Gemeingefühle oder harmonische objective Sinnesempfindungen

begleiten. Derselbe Parallelismus besteht zwischen unangenehmen, deprimirenden Vorstellungen und disharmonischen Sinneserregungen. Im ersten Fall z. B. zeigt der Mund den Ausdruck einer süssen Geschmacksempfindung oder das Antlitz überhaupt den einer angenehmen Geruchssensation; im zweiten Fall stellt sich der Ausdruck eines bitteren Geschmacks u. s. w. ein. Es finden also bei den Vorstellungen gewissermaassen imaginäre, adäquate Mitempfindungen der Sinnesorgane statt.

7) Zahlreiche mimische Bewegungen beziehen sich auf imaginäre sinnliche Gegenstände, die wir als Repräsentanten unserer Vorstellungen gebrauchen. Z. B. wer Interesse hat für das, was um ihn vorgeht, wer genau beobachten, wer handeln will, fixirt die Objecte bestimmt und anhaltend. Der geistesrege, willenskräftige, entschlossene Mensch, der Vertrauen zu sich hat, bietet einen festen Blick; wogegen der unstäte Blick auf Theilnahmlosigkeit, Unlust oder Unfähigkeit zum anhaltenden Nachdenken, Mangel an Vertrauen in sich, Schuldbewusstsein deutet. — Selbst das ruhige objective Denken ist von mimischen Bewegungen begleitet, als wolle man die, zu sinnlichen Objecten gemachten, Vorstellungen festhalten, und als habe man zugleich eine starke mechanische Arbeit auszuführen (z. B. Aneinanderpressen der Zahnreihen, Zusammenkneifen der Lippen, Spannung der Augenmuskeln wie zum Fixiren der Objecte, Runzeln der Stirn, überhaupt grössere Innervation der Gesichtsmuskeln wie beim Heben einer Last u. s. w.). Dazu gesellen sich noch Bewegungen mit Händen und Fingern, gleichsam als stelle man die gedachten Objecte vor sich hin, als wende man sie um, deute auf ihre verschiedenen Theile u. s. w. — Der Zornige reisst die Augenlider auf, die Augen blicken starr, die Zähne werden zusammengepresst, die Füsse stampfen auf den Boden, die Faust ballt sich u. s. w., also auch hier lauter Bewegungen, wie zum Angriff oder zur Vertheidigung gegen imaginäre sinnliche Objecte.

Die Momente 6 und 7, welche die betreffenden Vorgänge aus, als analog angenommenen, anderweitigen Erscheinungen motiviren sollen, sind namentlich von J. Müller und Piderit für die Analyse der speciellen mimischen Bewegungen verwerthet worden. Gewisse Muskeln, namentlich der oberen, an Muskeln ärmeren Hälfte des Antlitzes stehen in höherem Grad als die übrigen Muskeln dieser oder anderweitige Körperstellen unter dem Einfluss specifischer Seelenzustände. Die gesonderte Erregung eines solchen Muskelpaares verleiht demnach dem Antlitz einen bestimmten mimischen Ausdruck. Zahlreiche andere mimische Bewegungen kommen durch combinirte Thätigkeit jener Muskeln mit anderen, weniger ausdrucksvollen Gesichtsmuskeln zu Stande. Ein Muskel der letztern Art kann demnach bei sehr entgegengesetzten mimischen Zuständen als Hülfsmuskel auftreten. Duchenne hat zahlreiche mimische Gesichtsausdrücke künstlich hervorgebracht, indem er die Gesichtsmuskeln einzeln oder in gewissen Combinationen mittelst der Inductionselektricität reizte. In folgendem kann nur auf einige mimische Bewegungen des Blickes und Mundes eingegangen werden.

528. Mimik der Augen.

Der Musc. frontalis zieht Stirnhaut und Augbraue in die Höhe, legt die Stirnhaut in Querfalten und unterstützt, indem er auch das Auglid erhebt,

den Levator palpebrae superioris. Beide Muskeln wirken synergisch; sie öffnen das Auge weit und anhaltend, wodurch das Antlitz den Ausdruck von Aufmerksamkeit gewinnt. Schwache Contractionen derselben, namentlich des Frontalis, drücken Aufmerksamkeit, Neugierde, Gutmüthigkeit, angenehme Vorstellungen überhaupt aus, und tragen bei, dem Gesicht einen heiteren Ausdruck zu verleihen. Stärkere Contractionen begleiten die Verwunderung, die stärksten die angenehme Ueberraschung oder den Schauder und Schreck.

Der Musc. dorsalis (pyramidalis) nasi, ein Appendix des Frontalis, zieht die Nasenhaut in die Höhe und drückt für sich Zorn und Bosheit aus.

M. m. corrugatores supercilii nähern die inneren Enden beider Augbrauen und ziehen dieselben etwas herab, erleichtern den Augenverschluss und legen den mittleren Theil der Stirnhaut in Längsfalten; der Muskel gibt dem Antlitz einen schmerzhaften Ausdruck. Je nach seinem Thätigkeitsgrad verengert oder schliesst der Orbicularis palpebrarum die Augenspalte; schwache Contractionen des Muskels begleiten das Nachdenken. Der Verschluss der Augenlidspalte geschieht einfach oder unter Bildung zahlreicher und starker Faltungen der Auglider und der benachbarten Hautparthieen. Diese Bewegungen treten ein bei zu starkem Licht und sonst auch bei widrigen Erregungen der Sinne, Schmerzen, unangenehmen oder schwierigen Vorstellungen (Längsfaltungen der Stirnhaut!). Wird die Augenspalte vorzugsweis durch Senkung des obern Lids (Nachlass der Wirkung des Levators) verengt, so drückt dieses Schläfrigkeit, Theilnahmlosigkeit, Mangel an Vorstellungen aus.

Die Physiognomik des Blickes wird bestimmt 1) durch den Glanz der Augen (saftreiche Bulbi mit bedeutendem Stoffwechsel und starker, die Lichtreflexion begünstigender Spannung der Hornhaut verleihen den Ausdruck geistiger Lebhaftigkeit); 2) die Grösse der Augenspalte (s. o.); 3) die Richtung des Augapfels (erhebende Vorstellungen und Affekte erheben, deprimirende senken die Augenaxe, stark excitirende z. B. Zorn, Wuth, stellen dieselbe horizontal); 4) die Schnelligkeit und den sonstigen Verlauf der Augenbewegungen; 5) die begleitenden Bewegungen des Kopfes, welche harmonisch oder disharmonisch (z. B. versteckter Blick bei gesenktem Kopf) mit den Bewegungen und Stellungen der Augen geschehen können; ganz besonders aber 6) die von J. Müller und Piderit näher gewürdigten Stellungen beider Sehaxen. Erhebende Vorstellungen und Affekte fordern ein grosses imaginäres Sehfeld und begünstigen geringe Convergenzen oder selbst den Parallelismus der Sehaxen. Phantasiereiche Menschen haben einen Blick in die Weite. Die deprimirenden Affekte dagegen rufen die Tendenz hervor zur Verringerung des imaginären Sehfeldes und verleihen den Sehaxen eine starke Convergenz.

529. Mimik des Mundes.

A) Mundverschluss.

In der Gleichgewichtslage der Mundmuskeln ist der Mund geschlossen, die Mundlinie hat einen wellenförmigen Verlauf, die Zahnreihen stehen einander sehr nahe oder berühren sich, jedoch ohne Druck. Kommen die inneren (die Mundöffnung umgebenden) Fasern des M. orbicularis oris in Thätigkeit, so pressen sie die Lippen aneinander, sowie gegen die Zähne, die rothen Lippensäume werden mehr nach einwärts gezogen und die Mundlinie verlauft gerade. In höheren Graden des Mundverschlusses verschwinden die rothen Lippensäume vollständig und die synergisch wirkenden Kaumuskeln (Masseter, Temporalis) pressen den Unterkiefer heftig gegen den Oberkiefer. Diese Mundstellungen begleiten das Sträuben gegen Einverleibung unangenehmer Geschmacksstoffe, die wirkliche Empfindung intensiv bitterer Substanzen, sowie anderweitige disharmonische Sinnesempfindungen und Schmerzen überhaupt; unangenehme Vorstellungen, namentlich von Schmerzen (eigene wie fremde); endlich das Heben starker Lasten und gewisse Affekte und Leidenschaften, welche überhaupt die Muskelkräfte excitiren (verbissener Zorn u. dgl.). Als habitueller Gesichtsausdruck spricht der mehr als gewöhnlich geschlossene Mund — je nach der begleitenden Mimik des Blickes — für Vorsicht, Schweigsamkeit, Hartnäckigkeit, Muth oder Stolz. Die peripheren Fasern des Orbicularis oris drängen die Lippen, unter Faltenbildungen und mit bedeutender Verkleinerung der horizontalen Mundlinie, nach vorwärts (Küssen, Prüfen von Schmeckstoffen; süsse Geschmacksempfindungen und gewisse Richtungen des Gemüthes, für welche der Sprachgebrauch geradezu die Bezeichnung »süsslich« gewählt hat).

B) Offenhalten des Mundes.

I. Anhaltendes Offenhalten des Mundes durch Senkung des Unterkiefers kommt, abgesehen von gewissen Krankheiten der Nasenhöhlen, vor 1) bei allgemeiner Muskelschwäche (im Verlauf schwächender Krankheiten, bei ausschweifenden Menschen); 2) bei geringer geistiger Entwickelung, wobei das Imperium der Seele über die Muskeln überhaupt bedeutend abgenommen hat; 3) bei Schwerhörigen. Mimisch drückt dieser Gesichtszug, je nach den begleitenden anderweitigen Bewegungen, Aufmerksamkeit, Neugierde, Staunen Schreck oder Entsetzen aus.

II. Oeffnen des Mundes mittelst Herabziehen der Unterlippe verleiht den Ausdruck von Trauer, Widerwille oder Schreck. Ausser dem Depressor labii inferioris wirkt hier, nach Duchenne, auch der Platysmamyoides, welcher den unteren Theil der Gesichtshaut nach abwärts und auswärts zieht und die untere Zahnreihe entblösst. Zugleich mit der Contraction des Frontalis und der Kaumuskeln drückt er heftigen Schreck aus.

III. Oeffnen des Mundes durch einfaches Heben der Oberlippe (Levator labii sup. alaeque nasi, Levator labii sup. proprius) verkürzt den senkrechten Durchmesser der Oberlippe bedeutend, entblösst die obere Zahnreihe, hebt die Nasenflügel unter zahlreichen Faltenbildungen der Wangen- und Nasenhaut und verursacht einen weinerlichen, verdriesslichen Gesichtsausdruck. Letztere Wirkung hat auch der Zygomaticus minor.

IV. Oeffnen des Mundes durch beiderseitige Entfernung der Lippen von einander, drückt bei gleichzeitigem Aneinanderpressen der Zahnreihen, wenn der Unterkiefer gesenkt wird, Wuth oder Staunen und Entsetzen aus.

C) Mundwinkel.

I. Auf- und Auswärtsbewegung der Mundwinkel. Schwache Erregung der Zygomatici majores drückt Heiterkeit und mässige Freude, Lächeln aus, die stärkere (unter Mitwirkung der Heber der Oberlippe) das ausgeprägte Lachen. Die Mundwinkel werden aus- und aufwärts bewegt, der Mund breiter, die Backen unter eigenthümlichen Faltenbildungen nach oben gedrängt. Das Grübchen in der Wange des Lachenden rührt vom Risorius Santorini her.

Die Muskeln des ironischen Lachens sind der Buccinator und Depressor labii inferioris; doch scheint eine durch Contrast wirkende geringe gleichzeitige Innervation der gewöhnlichen Lachmuskeln damit verbunden zu sein.

II. Die Abwärtsbewegung der Mundwinkel (M. depressor anguli oris) ertheilt dem Gesicht den Ausdruck der Traurigkeit. Die Wirkung dieses Muskels wird sehr unterstützt durch die Thätigkeit des Levator menti, welcher die mittleren Theile der Unterlippe bedeutend hebt, die Mundlinie stark concav nach abwärts macht, ausserdem aber auch den mimischen Zug der Verachtung in hohem Grad ausdrückt. Als sensorisches Analogon dieses psychischen Vorganges sind die Lippenbewegungen bei üblen Gerüchen zu betrachten: die schnell durch den Mund getriebene Exspirationsluft stosst die Lippen, namentlich die untere, nach vorwärts, bei gleichzeitiger Hebung des Kinnes und der Unterlippe, wodurch zwischen beiden eine tiefe Furche entsteht.

530. Einfluss der Vorstellungen auf vegetative Processe.

Die zahlreichen Beeinflussungen der Muskeln durch Seelenzustände haben, wenn sie innerhalb gewisser Grenzen geschehen, nichts Störendes; im Gegentheil, sie fördern vielfach die Funktionen überhaupt und die der Muskeln insbesondere. Anders verhält es sich mit vielen Processen des Stoffwechsels; diese sind den Einflüssen der Psyche nicht in demselben Grade ausgesetzt.

Intense Vorstellungen, Affekte und Leidenschaften greifen in den Gang des vegetativen Lebens unter Umständen mehr oder weniger ein und zwar besonders in Funktionen, die gerade im Maximum ihrer Thätigkeit oder in pathologischen Störungen begriffen sind. Namentlich die Absonderungen stehen

unter dem Einfluss der Leidenschaften; plötzliche locale oder verbreitete Schweisssecretion stellt sich häufig ein; in einzelnen Fällen Diarrhöe, quantitative und qualitative Veränderungen des Harnes und der Milchabsonderung (nach Schreck kann der Urin blass und wasserreich, nach heftigem Aerger die Milchsecretion wesentlich alterirt werden u. s. w.). Alle diese Vorgänge bieten aber nichts Constantes und analoge Seelenbewegungen können, je nach Umständen, sehr verschiedene organische Effekte auslösen.

Andere Vorstellungen dagegen haben mehr oder weniger eigenthümliche somatische Wirkungen in ihrem Gefolge und zwar, 1) indem sie Erregungen von Organen veranlassen, zu welchen sie direkte Beziehungen haben, (die Vorstellung von Speisen vermehrt im Hungrigen die Speichelsecretion bedeutend; erotische Gedanken begünstigen die Absonderungen des Samens und der Vaginaldrüsen), oder 2) indem sie sonst irgendwelche, mehr oder weniger constante, wenn auch nicht erklärbare, Reflexe auf specielle Organe bewirken. Das merkwürdigste Beispiel dieser Art bietet die Thränendrüse; bei Vielen ist das Weinen ein regelmässiger Begleiter vorzugsweis von deprimirenden Gemüthsbewegungen.

Nur wenige der obigen Fälle dürften zu den sog. trophischen Wirkungen der Nerven (92) gehören; die meisten Seelenzustände wirken nur indirekt durch bekannte und unbekannte Zwischenglieder auf das vegetative Leben. Anhaltendes Denken z. B. soll den Stoffwechsel herabsetzen; übermässige geistige Anstrengungen beeinträchtigen entschieden die Ernährung; alles aber Wirkungen, die in der gleichzeitigen, die vegetativen Processe hemmenden, Lebensweise hinlängliche Erklärung finden.

Der Einfluss der Gemüthsbewegungen auf Entstehung, dann und wann selbst auf Heilung gewisser somatischen Krankheiten; die Macht der Einbildung auf den kranken Organismus, kann sammt den anderweitigen, in das pathologische Gebiet übergreifenden verwandten Erfahrungen, hier nicht näher erörtert werden.

XXVII. Zeugung.

A. Zeugungsstoffe.

531. Fortpflanzungsweisen.

Die durchschnittliche Lebensdauer der Arten bietet schon in der Säugethierreihe sehr grosse Unterschiede. Durch die Zeugung wird die Art erhalten. Diess geschieht aber nur von den vorhandenen Individuen aus; die früher angenommene Bildung niederer Thierformen aus faulenden thierischen oder pflanzlichen Stoffen, die sog. freiwillige Zeugung (Generatio aequivoca) ist widerlegt sowohl durch die Nachweisung der von Elternthieren ausgehenden Entstehung der betreffenden Thiere, als durch die Ergebnisse der folgenden Versuchsmethoden.

Gährungs- und Fäulnissfähige Flüssigkeiten zeigen sehr bald Infusionsthierchen und mikroskopische Pilze in ungeheurer Menge. Diese Organismen entstehen aber nicht direkt aus den faulenden Substanzen, sondern, wie alles Lebendige, aus Organismen ihres Gleichen; die Keime werden der gährungsfähigen Flüssigkeit aus der Luft zugeführt. Streicht die Luft durch Schwefelsäure u. s. w. (Franz Schulze) oder wird sie geglüht (Schwann), so werden die Keime vernichtet; lässt man Luft durch eine dicke Schicht Baumwolle filtriren, so werden die Keime in der Baumwolle zurückgehalten (Schröder). Zerstört man durch Kochen die in der gährungsfähigen Flüssigkeit etwa schon enthaltenen Keime und setzt die Flüssigkeit einer Luft aus, welche keine Keime enthält, so bleibt die Infusorien- und Pilzbildung in der Flüssigkeit Monate-, ja Jahrelang aus.

Pasteur hat das Vorkommen von zahlreichen organischen Keimen in der Luft der verschiedensten Localitäten positiv dargethan. Er sammelte die Luft in einem Aspirator an, dessen Röhre mit Schiessbaumwolle verstopft war. Wurde letztere in einer Mischung von Aether und Alcohol gelöst, so gingen in die Lösung zahlreiche Keime über, welche in Fäulnissfähigen Flüssigkeiten eine energische Pilz- und Infusorienbildung einleiteten. Die Tenacität der Keime ist zum Theil sehr gross; entfernt man von einer Infusion, die zahlreiche mikroskopische Organismen enthält, das Wassser und erhitzt sodann den Rückstand bis auf 140° C., so kann man mit letzterem in geeigneten Flüssigkeiten neue Infusorien hervorbringen und zwar von derselben Species.

Man unterscheidet folgende Fortpflanzungsweisen:

I. Ungeschlechtliche Fortpflanzung, und zwar a) Theilung. Das Thier zerfällt in neue Thiere; nichts bleibt zurück (manche Infusorien, Polypen). b) Sprossenbildung. An der Oberfläche entstehen Proliferationen; sie wachsen, schnüren sich ab und werden selbstständige Thiere (Infusorien, Polypen, Anneliden). c) Keimkörnerbildung. Im Innern des Thierleibes bilden sich Keime, die sich ohne Befruchtung entwickeln und nach ihrer Ausstossung selbstständige Thiere werden (z. B. manche Generationen von Eingeweidewürmern).

Diese 3 Entstehungsweisen bieten einen allmäligen Fortgang: bei der ersten zerfällt das ganze Thier ohne Rückstand; in den beiden andern Typen entsteht aber das Neue nur an gewissen Stellen und es bleibt ein Stammindividuum zurück.

II. Geschlechtliche Fortpflanzung. Es sind zwei besondere Zeugungsstoffe vorhanden, die in den Eierstöcken entstehenden Eichen, welche in allem Wesentlichen in den verschiedenen Thierklassen denselben Bau zeigen und der Same, eine Bildung der Hoden, bestimmt zur Befruchtung der Eier. Entweder sind Hoden und Eierstöcke vertheilt auf verschiedene Individuen: Männchen und Weibchen (Wirbelthiere, fast alle Gliederthiere, viele Weichthiere, selbst Echinodermen), oder dasselbe Individuum trägt beiderlei Organe: Zwitterbildung, Hermaphroditismus (viele Schnecken, Quallen, mehrere Eingeweidewürmer). (Die Ausnahmsfälle der sog. Parthenogenesis s. 542.)

III. Ungeschlechtliche und geschlechtliche Fortpfanzung in verschiedenen Generationen derselben Species sog. Generationswechsel (Steenstrup). Auf geschlechtlichem Wege wird eine Nachkommenschaft erzeugt, die von den Elterthieren verschieden und nicht fähig ist, geschlechtlich sich fortzupflanzen; sie entwickelt ohne Befruchtung durch innere Sprossenbildung Keime (sog. Ammen), aus denen geschlechtliche Organismen von der ursprünglichen Form entweder unmittelbar oder nach mehreren Zwischengenerationen entstehen; z. B. manche Abtheilungen der Eingeweidewürmer. Wir betrachten bloss die doppelt geschlechtliche Zeugung.

532. Eierstockei und dessen Abstossung.

Man unterscheidet an demselben: 1) Das Graaf'sche Bläschen, welches als Hüllorgan und Matrix für den Stoffwechsel des Eichens zu betrachten ist, nicht aber, wie man früher meinte, als Bildungsorgan des Eichens (s. 693). Das Bläschen besteht aus einer gefässreichen Haut von Bindegewebe (1, Fig. 156) mit einer inneren Epitelauskleidung (2). An einer, gegen die Eierstockoberfläche gerichteten Stelle, dem Keimhügel (3), sind die Epitelzellen stark angehäuft; hier ist das Eichen eingebettet. Im Innern (7) des Bläschens befindet sich ein Minimum von Flüssigkeit. 2) Das Eichen. Das $^1/_{20}$ — $^1/_{10}$ Linie grosse Säugethierei hat Bär entdeckt. Es besteht aus der strukturlosen Dotterhaut (4), dem feinkörnigen, viscösen Dotter (5), in welchen das Purkinje'sche Keimbläschen (6) eingebettet ist, ein rundes Bläschen, das ein schwach granulirtes Körperchen enthält, den Keimfleck Wagner's.

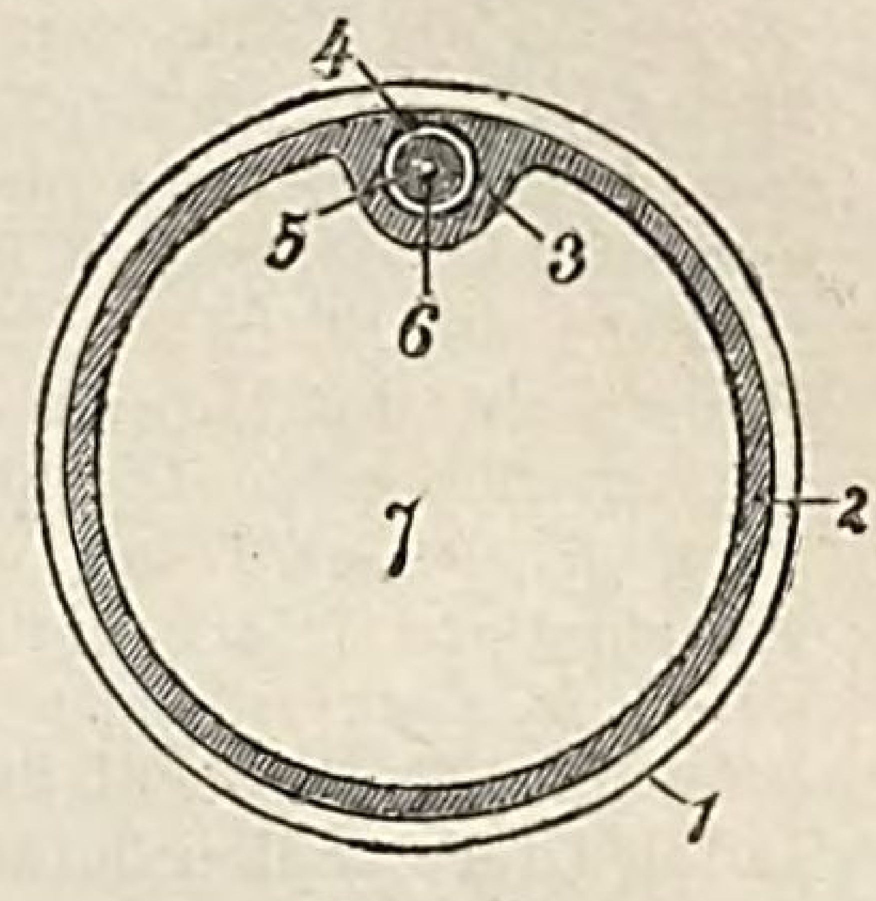


Fig. 156.

Der Eierstock des menschlichen Weibes (in gemässigten Climaten) enthält zwischen dem 15ten Jahr bis zur Mitte des 5ten Jahrzehends reife, befruchtungsfähige Eichen. Die Menstruation ist mit der Abstossung eines solchen verbunden. Der Eierstock wird dann blutreicher, der Inhalt des reifsten Graaf'schen Follikels nimmt rasch zu, sodass der Follikel über die Oberfläche des Eierstocks hervorragt. Endlich berstet der Follikel an der der Oberfläche nächsten Stelle, sammt den genannten ihn bedeckenden Schichten; das Eichen, eingebettet in Zellen des Keimhügels, wird von der Follikelflüssigkeit weggeschwemmt in die Tuba, deren Franzen sich an den Eierstock anlegen. Der Graaf'sche Follikel dient demnach auch als Sprengorgan der Eierstockshüllen, indem er durch seine Ausdehnung dem Eichen den Weg zur Oberfläche bahnt.

Die Follikelhaut bleibt somit sammt ihrer Epitelauskleidung zurück. Der Riss des Follikels auf der Oberfläche des Eierstockes schliesst sich, sodass die Stelle in der nächsten Zeit durch eine Narbe angezeigt wird. In den leeren Follikel ergiesst sich etwas Blut, das bald gerinnt; die Follikelwand wird faltig, blutreich, ihre Epitelzellen wuchern stark. Der Follikel geht sodann einen Rückbildungsprocess ein. Seine Wandung wird dünner; die Epitelzellen füllen sich mit Fettmolekeln und zerfallen, sammt dem Blutgerinnsel, um bald aufgesaugt zu werden. Gleichzeitig bildet sich Bindegewebe im Innern des Follikels, welcher schliesslich vollständig schwindet. Die Follikel heissen in gewissen Stadien dieser Rückbildung: gelbe Körper, wegen der in den Epitelzellen angehäuften gelblich gefärbten Fettmolekeln. Man unterscheidet falsche gelbe Körper, welche nach jeder Menstruation entstehen und in einigen Monaten gänzlich verschwinden, von den wahren, auf welche eine Schwangerschaft folgt. Die Rückbildung dieser beginnt später und dauert mehrere Monate.

533. Menstruation.

Die Abstossung des Eichens ist von einer Reihe anderweitiger Erscheinungen in den weiblichen Genitalien und dem übrigen Organismus (609) begleitet. Die Uterusschleimhaut wird blutreich, schwillt an und erhält, wegen der stark vergrösserten Uterindrüsen, ein siebförmiges Ansehen. Ihr Zusammenhang mit der Muskelschicht des Uterus wird gelockert, während andererseits ihre oberflächliche Schicht abgestossen wird, so dass Bestandtheile derselben im Menstrualblut sich vorfinden. Die Schleimsekretion nimmt, namentlich auch in der Scheide zu; die Genitalien werden blutreicher, wärmer; viele Capillargefässe, vorzugsweis der Uterusschleimhaut, bersten und ergiessen ihren Inhalt als Menstrualblutung nach aussen. Die Menstrualblutung dauert 2—5 Tage; die Menge des Ergossenen beträgt 100 bis 200 Gramme. Während der Schwangerschaft und Milchabsonderung hört die Menstruation auf.

Der Blutabgang ist demnach nur ein Symptom einer tiefer eingreifenden Veränderung des weiblichen Organismus, welche als Analogon der Brunst der weiblichen Thiere aufzufassen ist (Nägele, Bischoff). Auch die Brunst ist bei manchen Säugethieren (Affen, Wiederkäuer, Raubthiere) von einigem Blutabgang aus der Scheide begleitet. Die wichtigsten Analogieen beider Erscheinungen sind: 1) Sie treten periodisch auf: beim menschlichen Weib alle 4 Wochen, während bei den Thieren im freien Zustand die Brunstzeit von den Jahreszeiten abhängt. 2) Es werden Eichen abgestossen. Dieser Abgang erfolgt spontan, ohne dass eine Begattung nothwendig ist, wie die Corpora lutea in Jungfrauen sowie direkte Erfahrungen an von Männchen getrennten Säugthierweibchen beweisen, in deren Tuben Bischoff ausgetretene Eichen fand. Dieses schliesst übrigens nicht aus, dass die Begattung die Reifung oder selbst Abstossung der Eichen, durch stärkeren Säftezufluss nach den inneren Genitalien, einigermaassen begünstigen könne und dass auch im gesunden Weib Menstrualblutungen nicht selten vorkommen mögen, die mit keiner Ei-Abstossung verbunden sind. 3) Die Thiere zeigen bloss während der Brunstzeit Begattungstrieb; dieser ist auch beim menschlichen Weib grösser nach der Menstruation.

534. Samenflüssigkeit.

Bestandtheile: Das Hodensekret ist erst in dem Ausführungsgang, dem Samenleiter, vollständig ausgebildet; es besteht aus einer sparsamen Grundflüssigkeit und den Samenfäden, an welchen man (s. die Lehrbücher der mikroskopischen Anatomie) einen dickeren Körper und einen langen, dünnen Ausläufer (Schwanz) unterscheidet. Der entleerte Samen, welcher beträchtliche Beimischungen aus der Prostata, den Samenbläschen und Cowper'schen Drüsen führt, ist weisslich, schwach alkalisch, von specifischem Geruch und ziemlich zähflüssig (nach der Ejaculation gelatinirt die Masse), nach Vau-

quelin etwa 10 % feste Bestandtheile enthaltend (für den unvermischten Samen des Ochsen gibt Kölliker 18 % an). Das specifische Gewicht beträgt 1036. Unter den Bestandtheilen sind hervorzuheben, ein (beim Kochen nicht gerinnender) Eiweisskörper; Fette und der bemerkenswerthe Gehalt ($2\frac{1}{2}$ %) an Mineralbestandtheilen (nach Frerichs schwefelsaure, Chlor-, namentlich aber phosphorsaure Verbindungen von Alkalien und Erden).

Direkte Einflüsse des Nervensystems auf die Sekretion (der Hoden erhält sparsame Nerven vom Plexus spermaticus internus) sind nicht nachgewiesen. Befördert wird die Samenbildung in der Wärme (namentlich auch beim Warmhalten der Beckengegend), bei ruhiger Lebensweise, reichlicher Nahrung (gewisse Gewürze gelten als Aphrodisiaca) und entsprechender Richtung der Phantasie. Mehrere dieser Einflüsse vermehren die Blutzufuhr zu den Hoden.

Beim zeugungsfähigen Menschen ist die Absonderung an keine bestimmte Zeit gebunden; die Thiere bereiten vollständig reifen Samen nur während der Brunstzeit. Die Samenkanälchen des Hodens sind erfüllt von zahlreichen Zellen von verschiedener morphologischer Bedeutung. Die wichtigsten sind die Mutterzellen der Samenfäden, welche nach La Valette St. George amöboidenartige Bewegungen zeigen. Diese Zellen enthalten zahlreiche (bis 30 und darüber) helle Kerne, die sich zu den Körpern der Samenfäden entwickeln, während der sog. Schwanz wahrscheinlich aus dem übrigen Zelleninhalt entsteht. Die Zellmembran geht nachträglich zu Grunde, so dass schon im Nebenhoden viele Samenfäden frei werden.

Die Stärke der Samensekretion zeigt in demselben Individuum bedeutende Schwankungen. Im Verhältniss zur Grösse des Organes ist die Sekretmenge gering; dem entspricht der mässige Blutreichthum des Hodens. Bei mangelnder Samenentleerung kann möglicherweis die Resorption des gebildeten Samens relativ nicht unbedeutend sein (die Lymphgefässe des Hodens sind stark entwickelt); hierüber, sowie über den Zerfall der Samenfäden, fehlen aber genauere Angaben.

Den Prostatasaft des Hundes fand Eckhard klar und neutral reagirend, er enthält $2\frac{1}{2}$ % feste Bestandtheile, worunter Eiweiss und gegen 1 % Chlornatrium.

535. Bewegungen der Samenfäden.

Im reinen Sekret verhalten sich die Samenfäden fast ruhig; wogegen sie in lebhafte Bewegungen gerathen nach vielen Zusätzen zum Samen. Diese Bewegungen bestehen in Schlängelungen des Fadens, welche dem Körper eine Vorwärtsbewegung ertheilen. Grohe beobachtete auch raschwechselnde Formveränderungen des Körpers. Wegen der scheinbaren Willkürlichkeit dieser Ortsveränderungen wurden diese Gebilde seit ihrer Entdeckung durch Ham und Leeuwenhoek als Samenthierchen bezeichnet; in neuerer Zeit reiht man den Vorgang unter die Wimperbewegungen und leitet ihn von derselben Grund-

substanz ab, welche dem Protoplasma der niederen Thierwelt seine contractilen Eigenschaften verleiht. In der menschlichen Leiche kann die Beweglichkeit der Fäden 1 Tag und darüber erhalten bleiben; im entleerten Samen unter Umständen viel länger, am längsten in den weiblichen Genitalien selbst. Flüssigkeiten von alkalischer Reaktion und mässiger Concentration begünstigen die Bewegung; andere Lösungen, gewisse Concentrationen wiederum vorausgesetzt, verändern die Bewegung nicht; noch andere endlich, namentlich auch zu diluirte oder concentrirte, heben die Bewegung auf. Doch kann die auf diese Weise vernichtete Bewegung durch Zusätze, die einen passenden Concentrationsgrad herstellen, wieder hervorgerufen werden. Viele Substanzen, selbst bei starker Verdünnung, z. B. Metallsalze, vernichten die Bewegung für immer.

B. Befruchtung.

536. Erection des Penis.

Der Penis besitzt drei erectile Apparate: die beiden Schwammgewebe des Penis und das Schwammgewebe der Harnröhre. Jeder dieser Apparate besteht aus einem Netzwerk von Bälkchen, die reichlich mit organischen Muskelfasern versehen sind (Valentin, Kölliker) und zahlreichen, unter sich zusammenhängenden venösen Hohlräumen. In den Bälkchen verlaufen feine Arterien, welche zum Theil unmittelbar, zum Theil durch eine Capillarität in die venösen Hohlräume münden, aus denen enge Venen das Blut in die Vena dorsalis penis, vorzugsweis aber in die Venae profundae abführen.

Von der Blutfüllung, namentlich der venösen Hohlräume, hängen die Volumänderungen des Penis ab. Im Zustand vollkommener Erection ist das Glied befähigt zum Coitus, es wird gesteift, blutreicher, wärmer und 4—5mal voluminöser als gewöhnlich, sowie, entsprechend der Krümmung der weiblichen Scheide, concav nach der Bauchseite hin.

Die arterielle Blutzufuhr wird bedeutend gesteigert unter Zunahme des Blutdruckes und der Lichtungen der Arterien, die nunmehr viel stärker pulsiren. Der venöse Abfluss nimmt dagegen verhältnissmässig weniger zu, sodass die venösen Hohlräume sich stärker füllen. Die dadurch entstehende passive Spannung der Wandungen der Hohlräume verursacht die Steifung des Gliedes. Das Schwammgewebe der Urethra und der Eichel ist viel weniger gesteift während der Erection als die Schwammgewebe des Penis, deren Albuginea viel derber ist.

Als Hülfsmittel zur Anstauung des Blutes sind hervorzuheben: 1) Die Lumina der Venen finden da, wo sie die derbe Faserschicht (Albuginea) der Schwammkörper durchbohren, ein Hinderniss für ihre Ausdehnung. 2) Das Lumen der von der Sehne des Houston'schen Muskels umgebenen Vena dorsalis wird bei der Thätigkeit dieses Muskels verringert. 3) Der die Pars membranacea urethrae und die Prostata umgebende Plexus venosus pudendalis (s. prostaticus), in welchen die Venae profundae penis münden, hat zahlreiche trabeculäre Vorsprünge, die nach Langer grossentheils aus organischen

Muskelfasern bestehen; ihre Contraction wird die Anstauungen vermehren. 4) Der Penis, vorausgesetzt dass er bereits auf ein gewisses Volum gebracht ist, kann durch stossweise Contraction der M. m. ischio- und bulbo-cavernosi stärker gesteift werden.

Die analog gebauten erectilen Apparate (Corpus cavernosum clitoridis und der Bulbus vestibuli am Scheideneingang) des Weibes gerathen in Steifung durch dieselben Veranlassungen wie beim Manne.

Nerven des Penis: Der Plexus cavernosus (Fortsetzung der unteren Beckengeflechte) versorgt die Schwellkörper. Die aus dem Plexus pudendalis stammenden Nervi dorsales penis verbreiten sich in die Penishaut, sowie in die Muskelschicht der Arteria dorsalis penis und der Schwammgewebe selbst; nach Reizung den durchnittenen Nervi dorsales unterhalb der Schnittstelle vermindert sich die Blutung aus dem angeschnittenen Schwammgewebe, dessen Ränder sich zugleich zurückziehen (Loven).

Das Zustandekommen der Erection verlangt also eine, schon von Kölliker angedeutete, Minderung der Thätigkeit des N. dorsales; gleichwohl tritt nach Durchschneidung derselben keine eigentliche Erection ein, wohl aber nach Reizung des unteren Beckengeflechtes und namentlich zweier aus demselben stammenden, neben der Prostata verlaufenden Nerven (Eckhard). Aus dem durchschnittenen Schwammgewebe, dessen kleine Arterien sich stark erweitern, strömt alsdann das Blut reichlich hervor. Die Thätigkeit dieser aus dem Beckengeflecht stammenden Nerven (Nervi erigentes) führt somit reflectorisch (§ 146) zu einer Erschlaffung der kleinen Arterien des Schwammgewebes und dadurch zu einem verstärkten Andrang des Blutes.

537. Begattung.

Der physiologische Zweck der Begattung ist die Ueberführung des Samens in die weiblichen Geschlechtstheile. Der Penis füllt dabei die Scheide vollständig aus und die Friction dieser Theile wird unterstützt durch die Anschwellung der blutreich gewordenen Falten der Scheide und der Schwammkörper der weiblichen Geschlechtstheile, sowie durch die Zusammenziehung des Constrictor vaginae selbst. Die Schleimdrüsen der Scheide zeigen eine gesteigerte Absonderung. Die Wollustgefühle der Frau rühren her sowohl von der, durch die Friction verursachten Erregung des sensibelen Nerven der Vagina, Clitoris und Innenfläche der kleinen Schaamlippen, als auch von reflectorischen Muskelcontractionen (Constrictor vaginae und die, den Schenkeln der Clitoris angehörenden M. m. ischio-cavernosi, und (?) Muskelfasern der Bartholin'schen Drüsen). Im Manne werden sie verursacht wiederum von den sensibelen Nerven der Penishaut und Eichel, und gewissen Genitalmuskeln, namentlich den organischen Muskelfasern der Vasa deferentia, Samenbläschen u. s. w. Das Wollustgefühl bei der Ejaculatio seminis im Schlaf, sowie analoge Empfindungen bei erotischen Träumen des Weibes deuten schon darauf hin, dass hier vorzugsweis Muskelgemeingefühle, viel weniger aber Erregungen der sensibelen Hautnerven des Penis u. s. w. eingreifen.

538. Ejaculatio seminis.

Zur Fortleitung des Samens dient die Peristaltik des, mit einer mächtigen Schicht organischer Muskelfasern versehenen Vas deferens; Virchow und Kölliker erhielten starke Zusammenziehungen desselben an Hingerichteten nach elektrischer Reizung. Abgesehen von der noch fraglichen Wirkung der Muskulatur des Hodensackes, kann die Flimmerbewegung im Nebenhoden unterstützend wirken.

Während der Begattung füllt sich die Harnröhre mit dem, durch die Sekrete der Prostata, Samenbläschen und Cowper'schen Drüsen verdünnten Samen. Die Ausspritzung des Samens aus der Harnröhre geschieht mit ziemlicher Kraft und zwar vorzugsweis durch die starken stossweisen Zusammenziehungen der M. m. bulbo-cavernosi, welche die untere Wand des Bulbus urethrae heben und die Urethra zusammendrücken. Während dem rücken schnell weitere Massen aus den Samenleitern und den zahlreichen Mündungen der Prostata nach, die alsbald ejaculirt werden.

Für Abhaltung des Urines sorgt der Sphincter vesicae und der, von Kobelt nachgewiesene Schwammkörper des Schnepfenkopfes, eine Fortsetzung des Schwammkörpers des Bulbus urethrae; indem der Schnepfenkopf bei der Erection anschwillt, wird das Lumen der Harnröhre geschlossen.

Die Samenbläschen dienen nicht bloss als Behälter des Samens, sondern sie liefern, wie auch die Prostata, ein eigenthümliches fadenziehendes Sekret. Indem diese Beimischungen das Volum des Samens vermehren und die Harnröhre ausdehnen, gestatten sie den Muskeln kräftige Druckwirkungen auf den Inhalt der Harnröhre und erhöhen damit die Spannung der ejaculirten Flüssigkeit. Auch dürften diese Sekrete erregend auf die Bewegung der Samenfäden wirken.

Die Ejaculation ist eine Reflexbewegung. Reizung des unteren Lendentheils des sympathischen Grenzstranges oder des unteren Rückenmarkes selbst, bewirkt Bewegungen des Samenleiters (meist vom Hoden gegen das Samenbläschen) und selbst Samenerguss. Im Kaninchen ist nach Budge eine bestimmte Stelle des Rückenmarkes, in der Höhe des 4. Lendenwirbels, das Centrum dieser Bewegungen, nach deren Ansprache Contractionen des unteren Mastdarmes, der Blase und der Samenleiter eintreten.

539. Specialbedingungen der Befruchtung.

Die Befruchtung ist entweder eine äussere: das Männchen ergiesst den Samen auf die vom Weibchen gelegten Eier; oder sie ist (unter anderem bei den höheren Wirbelthieren) eine innere: der Samenerguss erfolgt während der Begattung in die weiblichen Geschlechtstheile. Die erstere, welche durch keine Nebenvorgänge verdeckt wird, leitete schon Swammerdam auf richtige An-

sichten über das Verhältniss des Samens zum Ei; doch erst Spallanzani hat unbestreitbar gezeigt, dass der materielle Contact beider eine wesentliche Bedingung der Befruchtung bildet. Beweise: 1) die Unwirksamkeit der Begattung nach Unterbindung der Tuben; 2) die sog. künstlichen Befruchtungsversuche. Froschlaich mit der Hodenflüssigkeit der Frösche zusammengebracht, entwickelt sich weiter. Spallanzani befruchtete eine Hündin mittelst Einspritzens von Samen in ihre Genitalien.

Unentbehrlich sind die Samenfäden: 1) Spallanzani suchte durch Filtration die Samenflüssigkeit von den Fäden zu trennen. Je zahlreichere Filter angewandt wurden, desto stärker nahm die Befruchtungskraft des Filtrates ab; es gelang selbst, vollständig unwirksame Filtrate herzustellen, während der Rückstand auf dem Filter in hohem Grad wirksam war. 2) Die Hodenflüssigkeit ausserhalb der Brunstzeit enthält keine entwickelten Samenfäden. Aus demselben Grunde sind Bastardthiere unter sich unfruchtbar, (einige Ausnahmen s. 544).

Die Samenfäden dringen, nach Barry und Newport, unter lebhaften Bewegungen, mit dem Körper voran, in die Zona pellucida, um in der Dottermasse später zu zerfallen. Das Eindringen geschieht entweder 1) an jedem beliebigen Ort (z. B. in dem Säugethierei) oder 2) durch Löcher der Zona pellucida, die sog. Mikropyle, die namentlich in Zonen von derberem Bau (Insekten, Eingeweidewürmer) vorhanden sind. Sind die Fäden bewegungslos geworden, so hat der Same seine befruchtende Kraft verloren. Zur Befruchtuug für ein Ei reichen sehr wenige Samenfäden hin, wie sowohl direkte Beobachtungen Meissner's und Siebold's an Bieneneiern u. s. w. beweisen, als die ungeheure Zahl von zu befruchtenden Eiern in vielen Fällen von äusserer Befruchtung (bei Fischen z. B.) und endlich die Versuche Spallanzani's mit (um das 10- bis 20-Tausendfache) verdünntem Samen. Dass auch das Ei eine gehörige Beschaffenheit haben muss, versteht sich; unreife oder durch chemische Zusätze veränderte Eier sind nicht entwicklungsfähig.

540. Ort und Zeit der Befruchtung.

Vermöge der Stempelwirkungen des Penis und der Kraft der Ejaculation dringt ein Theil des Samens sogleich in den Uterus ein, indem sich der Muttermund, wahrscheinlich reflectorisch, etwas eröffnet. Die Samenfäden rücken weiter gegen den Eierstock, wo sie Bischoff bei einer Hündin schon 20 Stunden nach der Begattung antraf. Das Fortrücken wird hauptsächlich bedingt durch die Bewegungen dieser Gebilde; vielleicht auch durch die Peristaltik des Uterus und der Tuben (die in Hunden und Kaninchen z. B. sehr lebhaft ist); nicht aber durch die Wimperbewegung der Schleimhaut, denn die Richtung dieser geht, nach Purkinje und Valentin, von Innen nach Aussen.

Der Eierstock ist wahrscheinlich der gewöhnliche Ort der Befruchtung, die

Fimbrien der Tuba schwellen an, richten sich auf und umfassen den Eierstock zur Aufnahme des Eies. Erfolgt die Begattung erst einige Zeit nach Ablösung kes Eichens, so ist die Tuba die Stelle, wo die Zeugungsstoffe sich begegnen. Das Eichen scheint nur langsam durch die Tuba fortbewegt zu werden. Im Uterus selbst findet die Befruchtung nie statt.

In den ersten Tagen nach der Menstruation ist die Conceptionsfähigkeit am grössten; das Eichen ist so eben ausgestossen worden. Doch kann zu jeder Zeit zwischen zwei Menstruationen, wenn auch weniger leicht, die Begattung fruchtbar werdeu.

541. Mehrfache Befruchtung.

Der Eierstock des menschlichen Weibes stosst während einer Menstrualperiode in der Regel nur ein Eichen aus. Im mittleren und nördlichen Europa kommt eine Zwillingsgeburt auf durchschnittlich 87 einfache Geburten; Drillinge kommen unter 7600, Vierlinge unter ungefähr 330,000, Fünflinge bei etwa 20 Millionen Geburten einmal vor.

Zwillinge können von zwei Eichen, oder von einem Ei mit doppeltem Dotter abstammen. Die Durchschnittszahl der Conceptionen des menschlichen Weibes beläuft sich in Mitteleuropa auf $4^1/_2$; doch gibt es auch Einzelfälle von mehr als 20 Entbindungen. Auf 30 Menschen kommt 1 Geburtsfall jährlich, diese Zahl erreicht also bei Weitem nicht die Höhe, die nach der physiologischen Natur des Menschen möglich wäre, indem jährlich auf 10 Lebende 1 Neugeborener kommen könnte.

Unter Nachempfängniss versteht man jede weitere Empfängniss während der Dauer einer Schwangerschaft und unterscheidet: I. Ueberschwängerung (Superföcundation): Zwei Eier, die während derselben Menstrualperiode gereift sind, werden durch verschiedene Begattungen befruchtet. Eine Stute z. B. brachte ein Pferdefüllen und ein Maulthier gleichzeitig zur Welt. Auch sind einzelne Fälle bekannt geworden, dass menschliche Weiber zwei Kinder verschiedener Racen zugleich gebaren. II. Ueberfruchtung (Superfötation). Die Befruchtung erfolgt erst in einer späteren Periode der Schwangerschaft: dem 2. oder 3. Monate. Bei der Abnormität des doppelten Uterus kann die Möglichkeit einer Ueberfruchtung nicht geläugnet werden, obschon die Chancen eines fruchtbaren Coitus schon desshalb sehr gering sind, weil während der Schwangerschaft die Reifung und Abstossung der Eierstockeier gewöhnlich sistirt.

Die Eihäute und der, den Kanal des Mutterhalses verstopfende Schleimpfropf verhindern beim einfachen Uterus die Ueberfruchtung. Bezüglich der näheren Verhältnisse und der Erklärung der Thatsache, dass Mütter zwei Früchte von sehr ungleicher Entwickelung gleichzeitig, oder zwei Früchte in zwei, weit (selbst mehrere Monate) auseinander liegenden, Terminen gebaren u. s. w., Fälle, die Kussmaul einer Revision unterworfen hat, wird auf die Lehrbücher der Geburtshülfe verwiesen.

542. Entwickelung nichtbefruchteter Eier.

In neuester Zeit sind einige Thatsachen aufgefunden worden, nach welchen selbst das Dogma: das Ei entwickele sich immer nur nach vorheriger Befruch-

tung, wenigstens bei gewissen Thiergattungen, einer Einschränkung bedarf. Das am genauesten erforschte Beispiel der Art bietet die Biene.

Der Bienenstaat besteht aus 1) einer Königin, einem vollkommenen Weibchen, der einzigen Eierlegerin der Colonie, 2) den Arbeitsbienen, der sehr grossen Mehrheit der Bevölkerung, Weibchen mit verkümmerten, keine Eier enthaltenden, Eierstöcken und Begattungswerkzeugen; 3) Drohnen, den Männchen. Die Königin verlässt nur einmal in ihrem Leben den Stock, um sich zu begatten; von ihrem Hochzeitsflug kehrt sie zurück, versehen mit einem Samenvorrath, der hinreicht für ihr ganzes Leben, d. h. 3 oder 4 Jahre zur Ausübung ihres Generationsgeschäftes und zur Befruchtung vieler Tausende von Eiern. Der Samen selbst befindet sich in einem kleinen Behälter: der Samentasche, welche sammt den beiden Eileitern in den gemeinsamen Eiergang mündet. Soll ein vom Eierstock herabrückendes Ei befruchtet werden, so bedarf es nur einer Beimischung eines Minimums, d. h. einiger wenigen Samenfäden, aus der Tasche; diese Eier werden Bienenweibchen, und es hängt nur von der Fütterung der Larve ab, ob das Junge ein verkümmertes Weibchen oder eine Königin wird; diejenigen Eier dagegen, welche nicht befruchtet werden, entwickeln sich zu Männchen (Dzierzon, Siebold). Wird eine italienische Königin in einen einheimischen Bienenstock gesetzt, so entstehen Bastardköniginnen und Bastardarbeiter, aber italienische Drohnen. Auch folgt weiter, dass die Eier, welche von flügellahmen Königinnen gelegt werden, die den Stock nicht verlassen können und eine leere Samentasche haben, sich alle zu Drohnen entwickeln. Wegen dieses Legens entwicklungsfähiger Eier von Seiten jungfräulicher Thiere hat der Vorgang den Namen Parthenogenesis erhalten.

Die Parthenogenesis ist unter den Insekten vielleicht ziemlich verbreitet, selbst die Pflanzenwelt bietet nach Naudin und A. Braun vereinzelte Beispiele (Cölebogyne ilicifolia und Chara crinita). Die Parthenogenesis ist nirgends die einzige Fortpflanzungsweise; in manchen Gattungen scheint sie unbeständig, so zu sagen zufällig zu sein, d. h. die Eier werden unter Umständen befruchtet, können sich aber auch entwickeln, wenn die Einwirkung des Samens unterbleibt. Bei andern Thieren dagegen ist die Parthenogenesis ein regelmässiger Vorgang; dann gehört die auf diese Weise erzeugte Nachkommenschaft dem einen, die durch Befruchtung erzeugte dem anderen Geschlechte an.

C. Die Eigenschaften der Nachkommen.

543. Art und Unterarten.

Diejenigen Individuen, welche die naturgeschichtliche Systematik zu einer Art (Species) vereint, stimmen nicht bloss in den wesentlichsten morphologischen, anatomischen und physiologischen Charakteren überein, sondern sie sind auch ganz vorzugsweis befähigt, unter einander sich fruchtbar zu vermischen und fruchtbare Nachkommen zu erzeugen.

Viele Thierarten enthalten wiederum mehr oder weniger Abtheilungen

erster, zweiter u. s. w. Ordnung: Unterarten (Racen) und Spielarten (Varietäten), die charakterisirt sind durch gewisse gleichbleibende Specialcharaktere der Formen und Funktionirungen. Ueber die Entstehung der Arten gibt es bloss Hypothesen (548), dagegen sind die Bedingungen der Bildung der Unterarten und deren Beziehungen zur Art theilweis gekannt. Man unterscheidet:

I. Natürliche, resp. uralte Unterarten (sog. reine Racen). Man leitet dieselben vermuthungsweis ab von ebensovielen wilden Urstämmen, oder lässt sie aus einem gemeinsamen Urstamm allmälig sich bilden durch äussere Einwirkungen, Klima, Boden, Nahrung, sonstige Lebensweise u. s. w. Manche dieser sog. reinen Racen mögen auf die erste, andere auf die zweitgenannte Weise entstanden sein. Die letzere bildet den Uebergang zu den:

II. Künstlichen, resp. neuen Unterarten. Der Mensch hat die Pflanzen- und Thierwelt vielfach verändert und künstliche Unterarten erzeugt und zwar 1) durch Paarung zwischen verschiedenen Racen derselben Species sowie 2) durch Versetzung der Thiere unter bestimmte Einflüsse. Die Aufgabe ist, Thierformen zu bilden und zu erhalten, welche unter bestimmten Einflüssen (Klima, Ernährung u. s. w. der sog. Haltung der Thierzüchter) gewissen, oft sehr einseitigen, gerade desshalb aber ökonomisch werthvollen, Zwecken am Vollkommensten entsprechen.

Wie sehr das gelang, zeigen die Ergebnisse der Thierzüchtung. Die mit hervorstechenden Eigenschaften begabten, hochedlen Pferde Englands sind Abkömmlinge einiger im 17. und 18. Jahrhundert eingeführter orientalischer Stuten. Durch Kreuzung zwischen spanischen Merinos und deutschen Landschafen und durch systematische Züchtung ihrer Nachkommenschaft sind die deutschen Merinostämme edelster Schafe entstanden. Das Schwein Englands (z. B. die Essexrace) mit seiner ungeheueren Fleisch- und Fetterzeugung bei verhältnissmässig geringem Futterverbrauch, ist hervorgegangen aus Kreuzungen des englischen Landschweines mit specifischen Racen der Südsee und der kleinen schwarzen Race der Küsten des Mittelmeeres.

544. Bastarde.

Befruchtung ist nicht bloss zwischen Individuen derselben Species, sondern auch, freilich in viel beschränkterem Grade, unter nahe verwandten Species möglich; in letzterem Fall entstehen Mittelformen: Bastarde (Blendlinge), welche Eigenschaften beider Elternspecies in sich vereinigen. Hybride Formen kommen vor z. B. zwischen Pferd, Esel, Zebra — Hund, Schakal, Fuchs, Wolf — Steinbock, Hausziege — 1 und 2-höckerigem Kameel — Löwe, Tiger — verschiedenen Fasanenarten — Kanarienvogel und Finke — Karpfe, Karausche — verschiedene Arten von Seidenwürmern. Dagegen schlagen Befruchtungsversuche zwischen verschiedenen Thiergattungen fehl, höchstens solche Organismen ausgenommen, die, obwohl zu verschiedenen Genera gerechnet, doch bedeutende Verwandtschaft zeigen, wie Schaaf und Ziege, Gans und Schwan. Die Bastarde (von den pflanzlichen sehen wir ab) sind unter sich steril (mit verhältnissmässig seltenen Ausnahmen, z. B. den verschiedenen Lamaarten — manchen Arten von Equus — von Hase und Kaninchen), dagegen ist frucht-

bare Begattung möglich zwischen ihnen (wenigstens den Bastardweibchen) und Individuen ihrer Elternarten; die Nachkommenschaft schlägt aber immer zurück in den Typus der Elternspecies. Diese Verhältnisse sind von fundamentaler Bedeutung, indem sie einer zu grossen Veränderlichkeit der organischen Formen eine Grenze setzen. Die Menschheit gehört, obiger Definition gemäss, einer einzigen Species an, da die verschiedenen Menschenracen sich unter einander fruchtbar vermischen. Je verwandter zwei Species nach Bau, Verrichtungen und äusseren Lebensbedingungen sind, desto leichter gelingt die Bastardbildung. Auch die Zähmung, welche so vieles in der Lebensweise u. s. w. der Thiere ausgleicht, ist ein wesentliches Unterstützungsmittel, doch kommen etliche Vogelbastarde auch im wilden Zustande vor.

Die Unfruchtbarkeit der Bastarde ist bedingt durch die geringere Entwickelung ihrer Genitalien. Am Auffallendsten ist das an den Bastardmännchen, deren Samen wegen Mangels an ausgebildeten Samenfäden befruchtungsunfähig ist. Aber auch die Eierstockeier der Bastardweibchen sind nach Wagner weniger vollkommen; doch sind, wie bemerkt, die Bastardweibchen ausnahmsweis fortpflanzungsfähig. Maulthiere z. B. sind unter sich (wahrscheinlich) immer steril; höchst selten kann eine Maulthierstute mit einem Pferde- oder Eselhengst sich fruchtbar vermischen.

545. Beständigkeit der Unterarten.

Die Sicherheit der Vererbung von Raceneigenschaften ist auch unter scheinbar günstigsten Bedingungen keine absolute. Junge von demselben Wurf und unter denselben Lebensbedingungen weichen öfters wesentlich von einander ab; bei vorsichtiger Züchtung, vor allem durch Verwerfung unbrauchbarer, aus der Race schlagender Individuen und gehöriger »Haltung« der Thiere können übrigens ziemlich sichere Erfolge erzielt werden. Ueber die Constanz der Racen, besteht auch auf praktischen Gebieten, z. B. unter den in dieser Frage vorzugsweis stimmfähigen rationellen Thierzüchtern ein alter Streit. Nach den Einen, Mentzel, Weckherlin u. A. wären die reinen (uralten) Racen ausgezeichnet durch höhere Vererbungsfähigkeit ihrer Eigenschaften und grössere Widerstandskraft gegen äussere Einflüsse, als die künstlichen Racen. Gleichwohl fehlt es nicht an Beispielen, dass auch uralte Racen unter veränderten Aussenverhältnissen (z. B. Pferderacen welche verwildern) einen Theil ihrer Eigenthümlichkeiten schnell verlieren; die Eigenschaften, die sie nunmehr annehmen, schliessen sich vielleicht denen ihres wilden Urstammes an. Andere dagegen, z. B. Nathusius, behaupten, die Sicherheit oder Unsicherheit der Vererbung der Eigenschaften der Elternthiere hänge durchaus nicht ab von der Reinheit oder Gemischtheit ihrer Abstammung; eine künstliche Race vererbe ebenso zuverlässig ihre Eigenschaften als die sog. reinen; z. B. der deutsche Merinobock schon von der 3. oder 4. Kreuzung an. Man hat sich, so glauben wir, zu hüten, einen jener beiden extremen Züchtungsgrundsätze für den allein richtigen zu halten; durchgreifende Regeln sind hier nicht festzustellen und es kommt eben auf die speciellen Verhältnisse der Art selbst an. Die Annahme einer gewissen Bevorzugung der reinen Racen hat allerdings etwas Verlockendes;

die Neger Amerika's, wenn sie sich auch in mancher Hinsicht geändert haben, bewahren doch ihren afrikanischen Typus in allem Wesentlichen; der kleine 200 Pfunde wiegende Pony der Shetlandsinseln und das zehnmal schwerere Zugpferd erhalten ihren Charakter unter den verschiedensten Aussenbedingungen. Anderntheils ist aber zuzugeben, dass es unter den vielen Combinationen künstlicher Racen ausser denen mit geringer auch solche mit grosser Tenacität geben kann, die an Tüchtigkeit und Zweckmässigkeit, unter den Verhältnissen, in denen sie leben, keiner reinen Race nachstehen und deren Constanz desshalb von Generation zu Generation einer Steigerung fähig ist. Der deutsche Merino z. B. ist heute ein edleres Thier als die spanische Race.

Die Constanz der Art ist viel gesicherter als die der, innerhalb engerer Grenzen sich bewegenden, Racen und die letzteren sind wiederum bevorzugt gegenüber den, an die relativ beschränktesten Bedingungen gebundenen Spielarten (Varietäten). Die Menschen*species* liefert, namentlich in Amerika, zahlreiche Beispiele, dass die Mischung verschiedener Racen zu Spielarten führt, welche keine constanten Mischlingseigenschaften zeigen. Die Unabänderlichkeit der Art ist allerdings keine absolute, aber die Schwankungen sind so gering, dass sie vernachlässigt werden können; indem sich die der Veränderung viel mehr ausgesetzten Unterarten den plötzlich eintretenden, wie den sehr allmälig sich geltend machenden, säcularen Aenderungen ihrer Existenzbedingungen möglichst accommodiren, können sie sogar einer grösseren physischen und psychischen Vervollkommnung allmälig entgegengeführt werden.

546. Vererbungsfähige Eigenschaften.

Es gibt wohl keine physiologische Eigenschaft der Menschen, Thiere und Pflanzen, welche nicht mehr oder weniger vererbungsfähig wäre; doch kann es nicht befremden, dass die besser bekannten Thatsachen fast ausschliesslich auf leicht in die Augen fallende Charaktere des Körperbaues, sowie einzelne hervorstechende und praktisch benützte Leistungen sich beziehen. Unsere Hausthiere haben sich im Verlauf der Jahrhunderte nachweislich immer mehr domesticirt. Die folgenden Eigenschaften gelten vorzugsweis als erblich: Körpergrösse und sonstige Eigenschaften der Constitution (Magerkeit, Fettleibigkeit u. s. w.); Gesichtszüge: in einzelnen Familien sogar höchst auffallend; Pigmentirung der Haut, Farbe und sonstige Beschaffenheit der Haare (feine oder grobe, krause oder schlichte Haare; Neigung zum Ergrauen). Gleichfarbige Eltern erzeugen nach den Erfahrungen in Pferdegestüten sehr überwiegend Junge derselben Farbe; der Erfolg ist besonders sicher, wenn dieselbe Farbe schon in mehreren Generationen vorkam. Ausserdem sind zu nennen Eigenthümlichkeiten der Muskeln, deren Stärke, Gebrauchsweise u. s. w.; Eigenschaften der Sinne (Feinheit, Schärfe); Fruchtbarkeit (bei der Rindvieh- namentlich aber der Schweinezucht werden mit Vortheil diejenigen weiblichen

Thiere ausgewählt, die von besonders fruchtbaren Müttern abstammen); lange fortgesetzte Milchsecretion der Kühe, verbunden mit Vergrösserung ihrer Zizen; angeborene Missbildungen (überzählige Finger u. s. w., nicht aber zufällige Verstümmelungen); die Anlage zu hohem oder kurzem Lebensalter und zu bestimmten Krankheiten. Auch die geistigen Vermögen gehören hieher; Talente für einzelne Künste und Wissenschaften, Temperamente, Leidenschaften, Neigung zu Geisteskrankheiten; auch halb-psychische Eigenschaften: Geberden, Gangweise, Handschrift u. s. w. können sich vererben. Doch ist nicht zu verkennen, dass die geistigen Eigenschaften auch in Beziehung auf Vererbung mehr dem Reiche der Freiheit angehören, als die des Körpers.

547. Hereditäre Einflüsse der Eltern und Voreltern.

Am grössten ist der Einfluss der Eltern auf die Nachkommen; er nimmt ab in aufsteigender Linie. Die Thierzüchter schlagen (freilich ziemlich willkürlich bei den sie interessirenden, grossentheils nicht einmal messbaren Eigenschaften) den Einfluss der Eltern doppelt so gross an, als den der Grosseltern, vierfach so gross als den der Urgrosseltern u. s. w. Es kann übrigens auch eine Generation ganz oder theilweis übersprungen werden, sodass die Enkel den Grosseltern, nicht aber den Eltern gleichen. Für die praktischen Zwecke der Züchtung genügt die Verfolgung von etwa 4 bis höchstens 6 Generationen rückwärts, welchen gegenüber der Einfluss der noch älteren Generationen meistens sehr klein wird. Aus der Paarung von Weissen und Negern entstehen Mulatten, aus der von Weissen und rothen Amerikanern die Mestizen; diese Mischformen verschwinden, wenn sie immer nur mit Individuen einer ihrer Elternracen sich kreuzen, erst ungefähr in der 5. oder 6. Generation vollständig.

Was den Antheil beider Eltern betrifft, so stehen die Abkömmlinge im Allgemeinen in der Mitte zwischen denselben. Es scheint, dass dieses Gesetz um so mehr gelte, je grösser der Unterschied zwischen beiden Erzeugern ist. Gehören also die Eltern zwei verschiedenen Arten an, so hält der Bastard häufig die Mitte zwischen beiden, oder er bietet etwas mehr die Eigenschaften des Vaters oder der Mutter, niemals aber zeigt er ausschliesslich bloss die Eigenschaften des einen seiner Eltern. Sind ferner die Eltern von derselben Art, aber von verschiedenen Unterarten, so halten die Nachkommen um so mehr die Mitte zwischen beiden, je verschiedener die Unterarten selbst sind. Je weniger letzteres der Fall ist, um so mehr scheint die Neigung zu bestehen, dass das Kind vorzugsweis dem Vater oder vorzugsweis der Mutter gleicht, eine Norm, welche bei den Spielarten noch stärker hervortritt. Diese Einseitigkeit im Vererben ist entweder beständig, oder einige Kinder gleichen mehr dem Vater, andere mehr der Mutter; bei Hunden bringt oft derselbe Wurf ganz verschieden gestaltete Individuen hervor. Mit Recht findet Köstlin

in dieser einseitigen Wiederholung entweder mehr der väterlichen oder der mütterlichen Form einen Beweis dafür, dass beide trotz der Racenunterschiede, nicht specifisch von einander verschieden sind.

548. Entstehung der Arten.

Die vorhandenen Arten als Inbegriff aller derjenigen Geschöpfe, welche in ihren »wesentlichsten« Eigenschaften mit einander übereinstimmen, sind nach der Vermuthung der meisten Naturforscher nicht bloss ursprünglich mit allen ihren wesentlichen Eigenschaften erschaffen worden, sondern es sind denselben seitdem auch keine neuen Arten nachgefolgt. Buffon dagegen nahm eine, ursprünglich kleine, Zahl von Arten an und liess die übrigen allmälig aus den Stammarten entstehen, eine Hypothese, die von Lamarck und neuerdings von C. Darwin mit folgenden Gründen weiter ausgeführt wurde.

Die Art erweist sich, wie namentlich die Züchtungversuche darthun, in der Bildung von Unterarten veränderlicher, als man ehemals glaubte. Manche Formen, die wir als Unterarten betrachten, weil ihre Entstehung geschichtlich bekannt ist, bieten wesentlichere Unterschiede unter einander, als viele andere Formen, die als Arten gelten, weil ein unmittelbarer Zusammenhang derselben nicht nachweisbar ist. Demnach bestreitet Darwin die übliche Auffassung der Beziehungen zwischen Art und Unterarten: die Unterarten seien werdende Arten und jede Art müsse als Unterart begonnen haben. Die Abänderung der Arten entsteht vorzugsweis durch die Fortpflanzung; doch sind auch äussere Einflüsse von, übrigens weniger tief greifender, Wirkung. Abänderungen, die durch Fortpflanzung entstanden sind, haben die Neigung sich zu vererben; die Erblichkeit nimmt bei den Abkömmlingen zu und wird allmälig zum Gesetz. Nützliche Abänderungen nennt Darwin solche, die für bestimmte Verhältnisse die vortheilhaftesten sind. Wie bei der rationellen Züchtung neuer Racen die brauchbarsten Individuen benützt werden und durch vorsichtige Auswahl bei der Paarung, sowie sorgfältige »Haltung« der Thiere für möglichste Beständigkeit der Eigenschaften in der Nachkommenschaft gesorgt wird, so verfährt auch die Natur. Die tüchtigeren Individuen sind sowohl an und für sich, als auch dadurch, dass sie sich den Aussenbedingungen besser anpassen, d. h. den »Kampf um das Dasein« nachdrücklicher bestehen können, in höherem Grade befähigt sich fortzupflanzen; ihre Eigenschaften breiten sich sowohl extensiv d. h. in einer grossen Zahl von Nachkommen, als auch intensiv, insofern sie durch das Gesetz der Erblichkeit eine zunehmend grössere Beständigkeit gewinnen, immer mehr aus (Darwin's »natürliche Züchtung«). Demnach ist die Fortpflanzung nicht bloss ein Mittel zur Erhaltung, sondern auch zur Verbesserung, ja selbst Veränderung der Art; diese Hypothese verleiht, wie A. Braun bemerkt, der naturhistorischen Verwandtschaft und den natürlichen Familien keinen bildlichen, sondern einen

sachlichen Sinn, indem sie den einer grösseren Gruppe gemeinsamen Typus von gemeinsamen Stammeltern ableitet. Darwin will sogar alle Thier- und Pflanzenformen der jetzigen, wie der früheren geologischen Epochen von nur wenigen Stammformen ableiten, sodass aus ursprünglich höchst einfachen Stammformen durch langsame Abänderungen im Laufe der Zeit die höheren Formen allmälig hervorgegangen wären.

Viele Thatsachen, die Darwin über die sog. natürliche Züchtung anführt, sind von höchstem physiologischen Interesse, aber sie beziehen sich auf viel engere Kreise als er annimmt und beweisen nichts für die Entstehung wirklich neuer Arten, oder gar Gattungen u. s. w. Weder die Bastardformen noch die Racen bewirken in dem Typus der Art wesentliche und dauernde Veränderungen; die natürlichen Veränderungen gehen innerhalb der Art nicht über die Bildung der Abarten hinaus, welche nach einiger Zeit wieder in die gewöhnliche Form der Art zurückkehren oder sich in neue Abarten umwandeln. Die Ueberreste der Hauskatze, des Ibis, der Culturpflanzen in alten ägyptischen Denkmälern weichen von den jetztlebenden Geschöpfen nicht ab. Auch gibt es strenge genommen nur wenige Thierformen, die als Mittelglieder zwischen verwandten Thierformen zweier verschiedenen geologischen Epochen angesehen werden können.

D. Schwangerschaft und Geburt.

549. Schwangerschaft.

Während der Schwangerschaft erfahren alle Theile des Generationsapparates anatomische und funktionelle Veränderungen. Die Menstruation hört auf. Die grössten Metamorphosen aber erleidet das Organ, welches den von den Eihäuten und dem Fruchtwasser umgebenen Fötus beherbergt, der Uterus. Derselbe nimmt entsprechend dem Wachsthum des Fötus und der Menge des Fruchtwassers, allmälig an Volum zu, sodass am Ende der Schwangerschaft der Inhalt seiner Höhle über 400 Cubikzolle (also 600 mal mehr als gewöhnlich) beträgt und der Gebärmuttergrund bis in die Gegend der Herzgrube aufgestiegen ist. Während der jungfräuliche Uterus gegen $2^3/_4$ Zoll lang und $1^1/_2$ Zoll breit ist und 1 Zoll von vorn nach hinten misst, betragen am Ende der Schwangerschaft der Längsdurchmesser etwa 12—13 und die beiden andern Dimensionen 8—9 und 7 Zoll. Von den Gestaltveränderungen des annähernd eiförmig gewordenen Organes sind besonders die des untersten Abschnittes hervorzuheben, indem der, im jungfräulichen Zustand konisch in die Scheide ragende Mutterhals allmälig dadurch verstreicht, dass seine Wandungen in die des Mutterkörpers hineingezogen werden. Der Muttermund bildet dann ein rundliches Grübchen. Die (organische) Muskulatur des Uterus entwickelt sich beträchtlich, indem die vorhandenen Fasern dicker und länger werden, na-

mentlich aber durch eine üppige Neubildung von Fasern (Kölliker). Die Lymph- und Blutgefässe nehmen bedeutend zu; die Arterien werden zahlreicher und dicker, die Venen erweitern sich in hohem Grade; das sonst blutarme Organ ist jetzt sehr blutreich.

550. Schwangerschaftsdauer.

Wenn der Fötus seine Reife erlangt hat, wird er ausgetrieben durch die Contractionen des Uterus. Die Schwangerschaftsdauer bietet in der Säugethierreihe sehr grosse Unterschiede; immer aber geht die Entwickelung des Uterus parallel mit der des Fötus und das Organ gelangt in Contractionen, wenn es eine bestimmte Stufe und eine damit verbundene erhöhte Erregbarkeit erreicht hat. Der Organismus bewahrt aber auch hier noch mehr oder minder deutlich sein gewöhnliches typisches Verhalten, d. h. die Geburt erfolgt beim sonst regelmässig menstruirten Weibe, wenn dasselbe, wäre es nicht schwanger geworden, nach dem Termin der fruchtbaren Begattung zum zehnten Mal menstruirt sein würde. Die mittlere Dauer der Schwangerschaft beträgt beim menschlichen Weibe ungefähr 40 Wochen (9 Sonnen- oder 10 Mondsmonate; 275—280 Tage).

Die pathologische Verkürzung dieses Termines heisst Abortus vor dem Ablauf der 26. Schwangerschaftswoche, Frühgeburt zwischen der 26. und 38. Woche. In letzterem Falle (zwischen 26 und 30 Wochen jedoch nur ausnahmsweis) können die Kinder am Leben erhalten werden. Mechanische Erschütterungen, gewisse Medicamente, öfters vollzogener Beischlaf, Gemüthsbewegungen, Krankheiten der Frucht, örtliche Krankheiten des Uterus u. s. w. veranlassen Frühgeburten.

Die Verlängerungen des normalen Geburtstermines stellen die Spätgeburten dar, deren Vorkommen nach den Erfahrungen in Gestüten nicht bezweifelt werden kann, wenn auch über ihre Grenze beim menschlichen Weibe keine bestimmte Aussage möglich ist. Auf 300 und wohl noch einige Tage darüber kann die Schwangerschaft sich ausdehnen.

551. Uteruscontraction.

Die Nervenfasern des Uterus sind motorischer, vasomotorischer und sensibeler Natur. Die Uteringeflechte stammen theils vom Sympathicus (Plexus hypogastricus beiderseits), theils von den mittleren Sacralnerven; die sympathischen Fasern haben übrigens zum grösseren Theil einen spinalen Ursprung.

Im Kaninchen gibt, nach Kehrer und Frankenhäuser das hypogastrische Geflecht Nervenfäden in die Uterushörner und andere Fäden, die sich mit Zweigchen des 2ten und 3ten Sacralnerven verbinden, in den unteren Theil des Uterus und die Vagina. Die motorischen Sympathicusfasern haben einen spinalen Ursprung und verlassen, nach Körner, das Rückenmark in der Höhe des 11. und 12. Rückenwirbels.

Es kann demnach nicht auffallen, dass Reizung verschiedener Hirnorgane

(Cerebellum, Medulla oblongata) und aller, namentlich der unteren, Portionen des Rückenmarks Uteruscontractionen veranlassen, wobei die genannten Sacralnerven und der sympathische Bauchgrenzstrang die Zwischenbahnen bilden. Reizung des unteren Lenden- und oberen Sacraltheils des sympathischen Grenzstranges löst peristaltische Bewegungen der Tuben und des Uterus aus, am stärksten gegen das Ende der Schwangerschaft. Die Reizbarkeit des Uterus ist alsdann so gross, dass schon eine Hemmung des Blutlaufes in dem Organ, in Folge von Zusammendrücken der Aorta nach Spiegelberg Bewegungen des Uterus veranlasst; die auf diese Art eingeleiteten Bewegungen werden aber bald schwächer und hören, sammt der Bewegungsfähigkeit, früher auf, als im bluthaltenden Organ (Kehrer). Die Anregung zu den normalen Uteruscontractionen scheint weniger von den Nervencentren, als von Reizen auszugehen, welche die Uterusnerven im Organ selbst treffen.

Die Uteruscontractionen bieten die Eigenschaften der organischen Bewegung: Unwillkürlichkeit, eine gewisse Langsamkeit und, namentlich während der Geburt, einen bestimmten Rhythmus. Schwache vorübergehende Zusammenziehungen treten schon in den letzten Schwangerschaftswochen auf; während der Geburt nehmen dieselben an Stärke, Dauer, Häufigkeit der Aufeinanderfolge und Schmerzhaftigkeit immer mehr zu. Die Schmerzen (Wehen) erreichen einen hohen Grad und hängen von der kräftigen Muskelspannung ab, wozu im spätern Geburtsverlauf noch die starke Ausdehnung und Zerrung des Muttermundes, der Scheide und äusseren Geschlechtstheile hinzukommt. Die normalen Contractionen schreiten wellenförmig weiter, während periodisch neue nachfolgen (Spiegelberg), sodass es nur den Schein hat, als ob das ganze Organ, das während der Wehe eine Abnahme des Längsdurchmessers und Zunahme des Querschnittes erfährt, gleichzeitig in derselben Phase der Thätigkeit wäre. Der Uterus wird, wegen der ihm entgegenstehenden bedeutenden Widerstände, bei jeder Wehe hart.

Nach Kehrer verlaufen im ungeschwängerten Kaninchen die durch Eröffnung der Bauchhöhle hervorgerufenen Contractionen meistens vom Tubenende eines Uterushornes gegen den Muttermund und gehen dann häufig in eine gleichgerichtete Zusammenziehung der Scheide über. Aehnliches zeigt, und zwar mit besonderer Deutlichkeit, der leere Uterus bald nach der Geburt, wogegen die Contractionen des gebärenden Uterus (im Kaninchen) vom Muttermund aus nach aufwärts verlaufen und dann wieder umkehren, bis das Organ durch eine Reihe auf einander folgender Wellen in einen ununterscheidbaren Zustand gleichmässiger Zusammenziehung gelangt. Beim menschlichen Weib beginnen übrigens die Contractionen nicht vom Muttermund, sondern vom Fundus uteri aus, wie die Exploration lehrt. Rhythmische Scheidenbewegungen sind nach Kehrer häufig im Kaninchen.

552. Beckendurchmesser.

Die hauptsächlichsten Widerstände für die fortzubewegenden Kindstheile bieten der Muttermund und die knöchernen Wände des kleinen Beckens, von dessen Dimensionen die Drehungen der Kindstheile während der Geburt allein abhängen. Die Verbindung zwischen Scham-, Hüft-, Kreuz- und Steissbeinen

werden übrigens im Verlauf der Schwangerschaft allmälig nachgiebiger, was für den Geburtsakt wichtig ist; die dadurch veranlasste Vergrösserung einiger Durchmesser des kleinen Beckens kann nach wiederholten Geburten bleibend bestehen. Von grosser Wichtigkeit ist die Compressibilität der Kindstheile, namentlich aber die Verbindungsweise der Schedelknochen, welche ein Uebereinanderschieben der Knochenränder und somit eine wirksame Verringerung der Schedeldurchmesser gestatten. Man unterscheidet folgende Beckendurchmesser:

	Gerader.	Querer.	Schräge.
Beckeneingang.	Von der Mitte des Promontoriums des Kreuzbeines zum oberen Rand der Schambeinfuge (sog. Conjugata).	Von der Mitte der Linea arcuata interna der einen Seite zu der der andern Seite.	Von der Symphysis sacro-iliaca zur Eminentia ileo-pectinea der andern Seite.
Beckenhöhle.	Von der Mitte der Kreuzbeinaushöhlung zur Mitte der Schambeinfuge.	Verbindungslinie zwischen den Böden beider Pfannen.	Von der Mitte der Incisura ischiadica superior zur Mitte des unteren Randes des horizontalen Astes des Schambeines.
Beckenausgang.	Von der (nachgiebigen) Steissbeinspitze zum unteren Rand der Schambeinfuge.	.Die Gerade von einem Sitzbeinknorren zum andern.	Von der (nachgiebigen) Mitte des Ligam. sacrotuberosum zur Synostosis pubo-ischiadica anderseits.
Beckeneingang.	4 Zoll 3 Lin.	5 Zolle.	4 Zolle 8 Lin.
Beckenhöhle.	4 Z. 6 L.	4 Z. 3 L.	5 Zolle.
Beckenausgang.	variabel 3 Z. 4 L. — 4 Z. 3 L.	4 Z.	variabel etwa 4 Zolle.

553. Fortbewegung des Kindes.

Der Fötus nimmt im Uterus einen möglichst geringen Raum ein; Beine und Arme sind angezogen; die Hände ruhen am Gesicht, der Kopf ist gegen die Brust vorwärts geneigt. Die Längsaxe des Fötus fällt in die Längsaxe des Uterus. Auf 200 solcher Längslagen kommt etwa 1 Schieflage (Querlage), eine Anomalie, welche die Austreibung des Fötus sehr erschwert oder geradezu unmöglich macht. Die Längslagen selbst zerfallen, je nach dem, zur Geburt sich stellenden Kindstheil in 1) Kopflagen (und zwar Schedellagen und die sehr seltenen Gesichtslagen), 94—95 % aller Geburten und 2) Beckenendlagen etwa 4%, in welchen der Steiss, oder die vor dem Steiss herabtretenden Füsse, oder (sehr selten) die Kniee vorliegen.

Bei den Schedellagen ist die Pfeilnaht parallel dem Querdurchmesser des Beckeneinganges; wegen der starken Vorwärtsneigung des Uterus aber steht diejenige Kopfseite tiefer, welche der vorderen Beckenwand zugekehrt ist. Man unterscheidet zwei solcher Lagen; die Häufigkeit der ersten verhält sich zur

zweiten wie 3 : 1. Bei der ersten Schedellage liegt das rechte Scheitelbein, als der am tiefsten stehende Kindstheil, an der vorderen Beckenwand und der Rücken des Kindes ist nach der linken Seite der Mutter (und zugleich etwas nach vorn) gekehrt; bei der zweiten Schedellage liegt das linke Scheitelbein vor, während der Rücken des Kindes der rechten Seite der Mutter zugewandt ist.

Der Durchtritt des Kindes durch die Geburtswege gehorcht einem einfachen Gesetz: der grösste Durchmesser der Kindstheile liegt jeweils in dem grössten Durchmesser des betreffenden Beckenquerschnitts; jene sind beim Schedel der gerade (4½ Zolle), beim Gesicht der longitudinale, bei Schultern und Hüften die queren (4½ und 3¾ Zolle) Durchmesser. Bei der Schedellage z. B. steht der Kopf mit seinem geraden Durchmesser 1) am Beckeneingang in dem queren, oder in der Mitte zwischen dem queren und schrägen Durchmesser, 2) in der Beckenhöhle in dem schrägen Durchmesser, wobei das Hinterhaupt der Schambeinfuge zugekehrt ist; 3) im Beckenausgang im geraden Durchmesser. Die Kindstheile vollführen somit auf diesem Weg eine schraubenförmige Bewegung (¼ eines Umganges), wobei die der vorderen Beckenwand anlagernden einen kleinen, die an der hinteren Beckenwand vorbeigehenden einen grossen Raum beschreiben.

554. Geburtsperioden.

Der Geburtsakt wird naturgemäss in 3 Perioden getheilt; die meisten deutschen Praktiker stellen deren 5 auf. I. Eröffnung des Uterus (Vorbereitungsperiode). Mehrere Stunden, ja selbst Tage, vor dem Eintreten deutlicher Wehen, sind schwache, noch nicht eigentlich schmerzhafte, Contractionen, verbunden mit stärkerer Absonderung von Vaginalschleim, vorhanden. Bei Erstgebärenden ist der Muttermund noch geschlossen, bei Mehrgebärenden aber öffnet er sich bereits etwas. Die hierauf eintretenden kräftigeren Contractionen, mit denen der eigentliche Gebärakt beginnt, eröffnen nach und nach den Muttermund; während jeder Wehe treten die Eihäute in Form einer Blase hervor, welche durch das Fruchtwasser stark gespannt wird. Endlich bringt eine starke Wehe die Blase zum Bersten und es fliesst der zwischen ihr und dem Kopf befindliche Theil des Fruchtwassers ab, während der übrige grössere Theil noch zurückbleibt. Auf den Blasensprung folgt eine ausgiebigere Erweiterung des Muttermundes durch den vorliegenden Kindstheil. II. Austreibung des Kindes. Der Kopf gelangt durch den, nunmehr auf's Höchste erweiterten, Muttermund in die Scheide und kommt in der Schamspalte zum Vorschein. Die Wehen werden häufiger, anhaltender, kräftiger; sie können, namentlich gegen Ende der Periode, unterstützt werden durch willkürliche oder unwillkürliche Contractionen der Bauchmuskeln, welche (bei zugleich herabgestiegenem Zwerchfell und geschlossener Stimmritze) die Unterleibscontenta

pressen. Jede Wehe drängt den Kopf kräftig gegen den Damm, der, sammt den stark auseinander weichenden Schamlippen, in hohem Grade gespannt wird. Von Zeit zu Zeit geht etwas Fruchtwasser ab. Endlich treibt eine kräftige Wehe den Kopf durch die Schamspalte. Auf diesen, bei Weitem schmerzhaftesten Moment folgt eine kurze Ruhe, nach welcher wenige neue Wehen die Schultern und die übrigen Kindstheile, sammt dem noch zurückgebliebenen Fruchtwasser, durch die Schamspalte treiben. III. Austreibung der Nachgeburt. Schon am Ende der 2. Periode beginnt die Lösung der Eihäute von der Uteruswand. Nach Austreibung des Kindes stellen sich, früher oder später, neue aber viel leichtere Wehen ein, welche die Lösung der Eihäute und namentlich der Placenta (662) vollenden und diese Gebilde, die sog. Nachgeburt, schnell austreiben. Die Abtrennung der Placenta von der Uteruswand ist mit Blutung verbunden, die aber sowohl durch die starke Zusammenziehung des Uterus, welche die offenen Gefässlumina des letzteren schliesst, als durch Blutgerinnung in den Gefässmündungen, bald zum Stillstand kommt. Nach Austreibung der Nachgeburt ist die Geburt vollendet und der Uterus als eine harte Kugel von bedeutend reducirtem Volumen über der Schambeinfuge fühlbar.

In 100 Fällen dauert die Geburt 11 mal 2—6 Stunden, 30 mal 6—12 Stunden, 23 mal 12—18 Stunden, 13 mal 18—24 Stunden u. s. w.

555. Puerperalveränderungen der Genitalien.

Im Wochenbette (Puerperium) gehen — abgesehen von constitutionellen Veränderungen (616) — die Genitalien aus den, durch die Schwangerschaft und die Geburt bedingten Zuständen in ihre gewöhnlichen zurück, während zugleich die, in der Schwangerschaft schon vorbereitete, Milchabsonderung auftritt. In den ersten Tagen sind Uteruscontractionen (sog. Nachwehen) nicht selten. Der Uterus wird der Sitz sehr reger Processe; seine Gewebe, namentlich die Muskelfasern, erleiden eine bedeutende Reduction; die Muskelfasern fallen einer raschen fettigen Metamorphose und das gebildete Fett der Aufsaugung anheim. Die Zustände der Uterusschleimhaut, welche nur in Zusammenhang mit den Eihüllen geschildert werden können, s. 659 und 663. Etwa 3 Wochen hindurch geht aus dem Uterus eine anfangs blutige, nach einigen Tagen aber immer heller werdende Flüssigkeit ab: Lochien (Wochenfluss), die in den 8 ersten Tagen (bei der Stillenden) etwa 1 Kilogramm beträgt. Die blutigen Lochien bestehen vorzugsweis aus Blut, sowie aus Resten der Decidua und Placenta; vom 5. bis 7. Tag an treten die Blutkörperchen zurück, während Epitelien, Schleimkörperchen (resp. Eiterkörperchen), Fettkügelchen u. s. w. vorwalten. Die Rückbildung der Uterusmuskulatur ist, etwa von der 4. Woche an, begleitet von einer sparsamen Neubildung von Muskelfasern; nach etwa 2 Monaten hat der Uterus seine gewöhnliche Grösse und Form nahezu erlangt. Die Scheide, namentlich aber die äusseren Geschlechtstheile, kehren schnell in den gewöhnlichen Zustand zurück.

556. (Anhang.) Eigenschaften der Milch.

Das Secret der weiblichen Brustdrüsen besteht aus einer Flüssigkeit (Milchplasma) und zahlreichen, von einer Hüllmembran umgebenen, Fetttröpfchen von ziemlich variabler Grösse, den sog. Milchkügelchen. Die Milch ist wegen dieser morphologischen Elemente undurchsichtig; im Menschen und Pflanzenfresser fast immer schwach alkalisch, im Fleischfresser aber sauer reagirend (ob durch Milchsäure oder saures phosphorsaures Natron?); beim Stehen scheidet sie sich in eine dickliche, milchkügelchenhaltende also fettreiche Schicht: den Rahm und eine untere, durchsichtigere, fettarme, von höherem specifischen Gewicht.

Die festen Bestandtheile betragen 11—13%. 1) Casein, der Eiweisskörper der Milch. (Der Gehalt an eigentlichem Eiweiss ist sehr gering, mit Ausnahme des Colostrum 557.) 2) Neutrale Fette, namentlich Palmitin (2/3 aller Fette in der Kuhmilch) und Elain (1/3).

Bei dem durch den Sauerstoff der Luft eingeleiteten Ranzigwerden der Butter werden die Fettsäuren und das Glycerin frei; letzteres geht in Acrol- und Ameisensäure über, erstere in flüchtige Fettsäuren, wie Butter-, Capron-, Capryl- und Caprinsäure.

3) Milchzucker. Derselbe geräth, beim längeren Stehen der Milch, durch das als Ferment wirkende Casein, in Milchsäuregährung; die Säure coagulirt das Casein und die Milch scheidet sich nach und nach in einen festeren und einen flüssigen Theil; letzterer (sog. Molken) enthält nur wenig Fett, besonders aber Zucker und Salze. Die Caseinabscheidung, resp. Molkenbildung, wird beschleunigt durch verschiedene Zusätze zur Milch, z. B. Stücke des Labmagens oder aus demselben bereitetes wässriges Extract; Weinsäure. 4) Salze: Chlor-, kohlensaure- und ganz besonders phosphorsaure Verbindungen. Die Basen sind Kali (vorwiegend), Natron, Kalk, Magnesia und minime Mengen Eisenoxyd. Sulphate fehlen in der Milch.

Die Hüllmembran der Milchkügelchen enthält einen Eiweisskörper; durch Essigsäure wird die Hülle gelöst und das Fett sammelt sich dann in Tropfen an. Das Milchplasma führt Casein, gebunden an Alkali und phosphorsauren Kalk.

Die Frauenmilch hat ein durchschnittliches specifisches Gewicht von 1033 (Schwankungen: 1018—1045) und enthält in 100 Theilen:

Wasser 89, Zucker 5—6, Casein 1,5—2, Fette 3,3, Salze 0,2.

Die Milch der Fleischfresser ist reicher an Casein und Fetten, während im Pflanzenfresser der Zucker vorwaltet.

557. Verschiedene Zustände der Brustdrüse.

1) Im gewöhnlichen Zustand der Drüse enthalten die Drüsenkanäle nur ein Minimum einer klebrigen Flüssigkeit. 2) Während der Schwangerschaft füllen sich die grösser werdenden Epitelzellen immer mehr mit Fettkügelchen und die zunehmend sich erweiternden Drüsenkanäle enthalten in etwas grös-

serer Menge eine Flüssigkeit, welche freie Fetttröpfchen und fetthaltige granulirte maulbeerförmige Zellen: die sogenannten Colostrumkörperchen führt. Diese letzteren stellen somit abgestossene Zellen der Drüsenbläschen dar; sie sind entweder noch mit ihrer Zellenmembran versehen oder, wenn letztere geschwunden ist, werden die Fettkügelchen durch ein zähes Bindemittel zusammengehalten. 3) In den ersten (3—4) Tagen des Wochenbettes beginnt unter stärkerer Anschwellung der blutreicher werdenden Drüse ein reger Process in derselben. Das Abgesonderte, Colostrum genannt, ist aber noch keine wahre Milch; es enthält, ausser freien Milchkügelchen, eine grosse Anzahl von Colostrumkörperchen, ferner erhebliche Mengen Eiweiss und überhaupt mehr feste Bestandtheile (namentlich Zucker und Salze) als die Milch. 4) Während der Lactation erreicht die Drüse den Höhepunkt ihrer Thätigkeit; nur die feinen Drüsenkanäle enthalten eine mit fetthaltigen Zellen gefüllte Flüssigkeit; in den grösseren Canälen zerfallen die Zellenmembranen und die Milchkügelchen werden frei.

Die tägliche Durchnittsmenge der vom menschlichen Weibe abgesonderten Milch wird zu 1300 Grammen geschätzt. Nachdem die Secretion 7—10 Monate angedauert hat, nimmt sie gewöhnlich mit Wiedereintritt der Menstruation rasch ab an Menge und Gehalt. Bei einzelnen Weibern kann übrigens durch fortgesetztes Säugen die Secretion, wie bei Kühen, Ziegen u. s. w. auf unbestimmte Zeit habituell werden.

558. Bildung der Milchbestandtheile.

Nasse hat zuerst die Wichtigkeit der Drüsenzellen bei der Milchbildung hervorgehoben. Die Colostrumkörper sind nachträglich weiter metamorphosirte abgestossene Drüsenzellen; ob aber die Milchkügelchen nichts anderes darstellen als freigewordene Fettkügelchen abgestossener Zellen der Drüsenbläschen, oder ob daneben auch ein blosses Austreten von Fetttröpfchen aus persistirenden, nicht abgestossenen, Epitelzellen vorkommt, muss dahingestellt bleiben.

Mehrere Milchbestandtheile sind Elaborate der Drüse und keine einfachen Ausschwitzungsprodukte des Blutes, in welchem sie sich nicht vorfinden. Der Milchzucker bildet sich möglicherweis zunächst aus Traubenzucker; werden selbst grosse Mengen Traubenzucker in das Blut gespritzt, so hält die Milch nach Bernard gleichwohl nur Milchzucker. Amylonreiche Nahrung erhöht den Zuckergehalt der Milch. Die Möglichkeit der Abspaltung von Milchzucker aus zerfallenden Eiweisskörpern muss ausserdem zugegeben werden. Das Casein bildet sich wohl aus dem Albumin des Blutes; wird frisches Colostrum einige Stunden bei 37° digerirt, so steigt der Caseingehalt, um 1% und darüber, auf Kosten des Albumin (Kemmerich). Die Milchfette sind keine direkten Abkömmlinge der Fette der Nahrung; sie entstehen beim Zerfall der Albuminate (285). Eine an Eiweisskörpern reiche Kost erhöht, fettreiche Nahrung dagegen mindert die Buttermenge; bei einer längeren Zeit mit möglichst

fettarmem Fleisch gefütterten Hündin war die Fettausfuhr durch die Milch um etwa ein Drittel grösser als die Fettzufuhr durch die Nahrung (Kemmerich). Reichlich buttergebende Kühe bleiben in der Regel mager.

Reichliche Nahrung vermehrt die Milchmenge sehr; ebenso starker Wassergenuss, ohne dass dabei die Milch wesentlich an Gehalt verliert (Dancel). Die Angabe von Parmentier und Deyeux, dass die letzten Portionen einen viel grösseren Buttergehalt zeigen als die ersten, bestätigte Reiset auch für die Frau; dagegen variiren die übrigen Bestandtheile sehr viel weniger in den einzelnen Portionen der Milch.

Physiologie des Gesammtorganismus.

559. Eintheilung.

Unsere bisherige Darstellung beschränkte sich auf die Einzelfunktionen an und für sich, wobei für die Intensitätsmasse der letzteren der erwachsene Mensch zu Grund gelegt wurde. Wir betrachten nunmehr die für den Arzt besonders beachtenswerthen Abweichungen, welche die Funktionen unter bestimmten Bedingungen, von jenen mittleren Verhältnissen zeigen, d. h. die wichtigsten physiologischen Zustände des Gesammtorganismus. Unsere Aufgabe zerfällt in 4 Abschnitte:

1. Individuelle Körperzustände. Diese haften dem Einzelnen beständig oder doch durch lange Perioden an. Hieher gehört namentlich die Physiologie der Lebensalter, Geschlechter, Körperconstitutionen und Temperamente, sowie die Einflüsse des Wuchses und der organischen Massenentwicklung.

2. Körperzustände bedingt durch die Einzelfunktionen. Die letzteren greifen je nach ihrem Thätigkeitsgrade, je nach dem Gebrauch oder Nichtgebrauch, den wir von ihnen machen, in den Gang einiger oder selbst aller übrigen Funktionen ein und veranlassen dadurch mehr oder weniger eigenthümliche Zustände des Gesammtorganismus. Hieher gehört z. B. die Physiologie des verdauenden, sich bewegenden, ruhenden, schlafenden, in bestimmten Phasen der generativen Thätigkeiten begriffenen, Organismus.

3. Körperzustände bedingt durch die Aussenwelt. Dieser Abschnitt untersucht die Veränderungen, welche der Gesammtorganismus durch die wichtigsten normalen äusseren Lebensbedingungen erleidet, namentlich die atmosphärischen Einflüsse, wie Temperatur, Druck, Feuchtigkeitsgrad u. s. w. der Luft.

4. Periodische Zustände der Gesammtconstitution.

XXVIII. Individuelle Zustände.

A. Lebensalter.

560. Eintheilung.

Die Einzelfunktionen bieten, wie der Gesammtorganismus überhaupt, drei naturgemässe Entwickelungszustände; 1) Zunahme, Jugend: die Periode des körperlichen und geistigen Wachsthums, mit relativ stärkster Entwickelung der vegetativen Verrichtungen; 2) Stillstand, Reife: die Periode der absolut grössten körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit, der Zeugungskraft, sowie der verhältnissmässig gleichmässigsten und harmonischsten Entwickelung der Funktionen; endlich 3) Abnahme, Alter, charakterisirt durch ein allmäliges Sinken des Stoffwechsels und der körperlichen Kräfte, welchem später auch eine Minderung der geistigen nachfolgt. Diese grossen Abtheilungen zerfallen wiederum in eine Reihe specieller Entwicklungsphasen, welche bedingt sind durch das Hervor- oder Zurücktreten, überhaupt durch auffallende Veränderungen bestimmter Funktionen; nämlich 1) Säuglingsalter; dasselbe umfasst von der Geburt bis zum ersten Zahnausbruch etwa die 7—9 ersten Monate des Lebens. Unmittelbar nach der Geburt erleidet der Körper eingreifendere und schnellere Veränderungen als in irgend einer andern Lebensperiode; er hört auf, von einem gleichwarmen Medium umgeben zu sein, die Athmungs-, Verdauungs- und Sinnesorgane beginnen ihre specifischen Thätigkeiten. 2) Späteres Kindesalter, vom Zahnausbruch bis zum Zahnwechsel; vom Ende des ersten bis zum 7. Lebensjahr. 3) Knabenalter, vom Zahnwechsel bis zur Pubertätsentwicklung, vom 7. bis zum 14.—15. Jahr. 4) Jünglingsalter, von der Pubertätsentwicklung bis zum vollendeten Längswachsthum des Körpers. Diese Periode, den Uebergang vom Wachsthums- zum Reifestadium darstellend, reicht ungefähr bis zum 21.—22. Jahr. 5) Früheres Mannesalter. Vom Anfang des 3. Jahrzehends bis zur Mitte des 5. Jahrzehends. Dieser grösste Zeitraum des Lebens umfasst, namentlich in seiner ersten Hälfte, die Culmination der meisten physiologischen Funktionen. 6) Späteres Mannesalter, von der Mitte des 5. Jahrzehends bis etwa zum 62.—65. Jahr. Die Rückbildung beginnt, anfangs allerdings nur langsam; die Zeugungskraft, namentlich der Frau, hört auf. 7) Greisenalter, etwa vom 65.—80. Jahr, und endlich 8) das hohe Greisenalter, als natürlicher Abschluss des Lebens.

In Europa beträgt durchschnittlich der Antheil des Kindesalters 17 %, derjenige des Knabenalters (7.—14. Jahr) 14 %, des Jünglingsalters 13 %, des Greisenalters (vom

65. Jahr an) etwa 6 %; sodass das Mannesalter etwa die Hälfte der Gesammtbevölkerung ausmacht. Nach einer, auf die Statistik von 13 europäischen Ländern gegründeten Zusammenstellung von Wappäus kommen von 10,000 Menschen

auf die Altersklasse			auf die Altersklasse		
0—5	Jahre	1120	30—40	Jahre	1373
5—10	»	1066	40—50	»	1107
10—15	»	993	50—60	»	846
15—20	»	941	60—70	»	548
20—25	»	887	70—80	»	250
25—30	»	806	80—90	»	58
			über90	»	5

561. Mortalitätsgesetz.

In Centraleuropa kommt jährlich 1 Todesfall auf etwa 36 Menschen. An dieser durchschnittlichen Mortalität betheiligen sich aber die einzelnen Altersklassen in sehr verschiedenem Grade, was von der Anzahl der vorhandenen Individuen einer Altersklasse und der mittleren Lebensfähigkeit der letzteren abhängt. Je niederer die Sterblichkeit, desto nachhaltiger und kräftiger gehen die Verrichtungen von Statten, desto leichter werden Störungen derselben wieder ausgeglichen und desto grösser ist die Widerstandskraft eines Lebensalters gegen äussere Einflüsse. Am bedeutendsten ist die Sterblichkeit im ersten Jahr, namentlich in den ersten Lebensmonaten; im ersten Lebensjahr kommt fast ein jährlicher Todesfall auf 4 Individuen; vom 3.—5. Jahre nimmt die Mortalität rasch ab; sie erreicht ihr Minimum in der ersten Hälfte des dritten Jahrzehends (etwa 1 jährlicher Sterbefall auf 80—90 Individuen); von hier an nimmt sie, anfangs nur langsam, zu; im 7. Decennium stirbt 1 von etwa 15 Menschen desselben Lebensjahres.

Von 10,000 Neugeboren leben noch:

nach Ablauf von Jahren	Preussen	Belgien
1	7506	7753
2	—	7054
3	6316	6653
5	5825	6244
10	5301	5825
15	—	5602
20	4852	5345
25	4572	4999
30	4303	4675
35	4030	4382
40	3748	4088
45	3417	3790
50	3078	3478
55	2688	3117
60	2264	2724
65	1735	2246
70	1242	1701
75	768	1127
80	399	586
85	160	246
90	51	68
95		15
100		1

562. Entwickelung des Wuchses.

Das Körperwachsthum geschieht nach allen Richtungen; wir beschränken uns auf das am besten bekannte Längswachsthum. Quetelet stellt (für die männliche Bevölkerung Brüssel's) folgende Normen auf. Am raschesten ist das Wachsthum unmittelbar nach der Geburt; es beträgt im ersten Lebensjahr ungefähr 20 Centimeter und sinkt im zweiten Jahr schon auf die Hälfte, im dritten ungefähr auf ein Drittel dieses Werthes. Zwischen dem 5. und 16. Jahr erfolgt das jährliche Wachsthum ziemlich regelmässig, durchschnittlich um etwa 5½ Cm.; von da an aber nimmt die jährliche Wachsthumszahl bedeutend ab, um zu Anfang der Zwanziger sehr gering zu werden. Quetelet vermuthet, dass das Längswachsthum selbst im 25. Jahr noch nicht vollständig abgeschlossen sei. Vom 50. Jahr an sinkt die Körpergrösse; diese Verminderung kann bis zum 80. Jahr 6—7 C. M. betragen.

Zeising's Messungen führten zum Theil auf abweichende Verhältnisse; nach ihm nimmt der jährliche Längszuwachs ab bis zum 9. Jahr, von da an aber wieder zu bis zum 16. Jahr (jedoch mit nicht unerheblichen Schwankungen), während vom 17. Jahr an der jährliche Längszuwachs abnimmt.

Alter	Körperlänge in Centimetern		Alter	Körperlänge in Centimetern	
	nach Quetelet	nach Zeising.		nach Quetelet	nach Zeising.
Neugeborne	50,0	48,5	12 Jahr	138,5	136,0
1 Jahr	69,8	75,7	13	143,9	143,7
2	79,1	86,3	14	149,3	148,6
3	86,4	95,0	15	154,6	154,0
4	92,8	102,5	16	159,4	161,5
5	98,8	108,4	17	163,4	164,0
6	104,7	115,0	18	165,8	167,2
7	110,5	121,4	19	—	169,0
8	116,2	125,4	20	167,4	171,5
9	121,9	126,0	21	—	173,1
10	127,5	130,5	25	168,0	—
11	133,0	132,3			

563. Entwickelung des Körpergewichtes.

Die Gewichtszunahme des wachsenden Körpers ist verhältnissmässig viel bedeutender als die Längenzunahme; der Erwachsene wiegt ungefähr 20mal so viel als der Neugeborene, während er nur 3½ mal so lang ist. Am Ende des ersten Jahres ist der Körper um 6 Kilogramme schwerer geworden und hat dadurch sein Gewicht verdreifacht; in keinem Lebensjahr ist die absolute und relative Wachsthumszahl grösser als in diesem. Das Maximum des Gewichtes wird beim Manne um das 40. Jahr erreicht; gegen das 60. Jahr beginnt eine Abnahme, welche bis zum 80. etwa 6 Kilogramme beträgt. Die einzelnen Lebensjahre bieten nach Quetelet folgende Körpergewichte in Kilogrammen:

Alter	Mann	Weib	Alter	Mann	Weib
0 Jahr	3,20	2,91	14	38,76	36,70
1	9,45	8,79	15	43,62	40,37
2	11,34	10,67	16	49,67	43,57
3	12,47	11,79	17	52,85	47,31
4	14,23	13,00	18	57,85	51,03
5	15,77	14,36	20	60,06	52,28
6	17,24	16,00	25	62,93	53,28
7	19,10	17,54	30	63,65	54,33
8	20,76	19,08	40	63,67	55,23
9	22,65	21,36	50	63,46	56,16
10	24,52	23,52	60	61,94	54,30
11	27,10	25,65	70	59,52	51,51
12	29,82	29,82	80	57,83	49,37
13	34,38	32,94	90	57,83	49,34

Während der ersten Lebenstage findet eine zum Theil durch den Abgang des Kindspeches bedingte, Gewichtsabnahme statt (Chaussier); dieselbe kann sich übrigens bis in die zweite Woche fortsetzen. Viele Neugeborene zeigen nach einigen Tagen eine merkliche Minderung ihrer Völle und Lebensfrische; Breslau fand das Körpergewicht bei ungefähr $^2/_3$ der Kinder in der Mitte der zweiten Woche geringer (um $^1/_{16}$) als unmittelbar nach der Geburt.

Das Gewichtsverhältniss der Einzelorgane zum Gesammtkörper bietet grosse Verschiedenheiten im Verlauf des Lebens. Beim Neugeborenen prävaliren die Eingeweide, namentlich auch desshalb, weil die Gliedmaassen verhältnissmässig noch wenig entwickelt sind.

564. Muskelthätigkeit.

Nur allmälig gelangt das Kind zur Beherrschung der Skeletmuskeln. Reflexbewegungen sind in diesem Alter besonders häufig. Im 4.—5. Monat ergreift das Kind absichtlieh Gegenstände; im 7. beginnt es, da das Volum des Kopfes relativ mehr zurücktritt und die Muskeln an Ausbildung gewinnen, sicherer zu sitzen; zu Ende des ersten Jahres macht es Stehversuche; im Anfang des zweiten Jahres lernt es gehen.

Zur genauen Vergleichung der Muskelkraft können nur Angaben über den täglichen Nutzeffekt (86) dienen; solche existiren aber bloss für den erwachsenen Arbeiter und fehlen für die früheren und späteren Lebensperioden, in welchen die Leistungen der Muskeln erheblich geringer sind. Wir müssen uns desshalb beschränken auf die Angaben Regnier's, Quetelet's u. A. über die Fähigkeit verschiedener Altersklassen, Gewichte zu heben, oder mittelst der Hände oder Lenden momentane maximale Druck- und Zugwirkungen auszuüben, zu deren Messung die sog. Dynamometer (84) verwandt werden. Die Muskelkraft scheint zwischen 8—16 Jahren ziemlich gleichmässig, vom 17. an aber viel schneller zu wachsen; zwischem dem 25 .Jahr bis in das fünfte Decennium hinein hat sie ihr Maximum erlangt. Der dynamometrische Effekt des Erwachsenen, dessen Muskelfasern ausserdem durchschnittlich breiter sind, ist etwa 8mal grösser als der eines Sechsjährigen; die Differenzen der beiderseitigen täglichen Nutzeffekte sind wohl erheblich grösser.

565. Blut.

Nach Versuchen von Panum ist die relative Blutmenge in neugeborenen Hunden meistens etwas geringer, als bei erwachsenen. Das Blut, welches von äusseren Einflüssen überhaupt verhältnissmässig unabhängiger ist, scheint geringere Unterschiede in den einzelnen Lebensaltern zu bieten, als die meisten übrigen Säfte. Das Blut der Neugeborenen zeigt nach Denis und Panum ein hohes specifisches Gewicht, viele feste Bestandtheile, namentlich Blutkörperchen, aber wenig Faserstoff; schon nach einigen Wochen wird es aber reicher an Wasser und Faserstoff. Im Kinde hat dasselbe, dem Erwachsenen gegenüber, folgende Charaktere: geringeres specifisches Gewicht, hellere Röthung, schnellere Gerinnungsfähigkeit; in gleichen absoluten Volumina weniger mikroskopische Blutkörperchen (Stöltzing); im Verhältniss zu den farbigen mehr farblose Körperchen (Moleschott); überhaupt weniger feste Bestandtheile, namentlich auch Fibrin und Salze, dagegen angeblich mehr Fette und sog. Extractivstoffe. Der Fibringehalt erreicht das Maximum um das 3—5. Jahrzehend, später sinkt er wieder ein wenig (Nasse, Denis u. A.). Im höhern Alter wird das Blut wiederum ärmer an Fixa, vorzugsweise an Körperchen und Eiweiss, aber reicher an Cholesterin (Becquerel und Rodier), auch soll die relative Menge der farblosen Körperchen noch mehr zurücktreten als im Erwachsenen.

566. Blutlauf.

Das Herz des Neugeborenen beträgt etwa $^{1}/_{120}$, das des Erwachsenen bloss $^{1}/_{200}$ und noch weniger, des Körpergewichtes; im Greise wird es kleiner und leichter. Die Pulsfrequenz sinkt von der Geburt an bis gegen die Mitte der Zwanziger Jahre, um von da an lange Zeit nahezu unverändert zu bleiben (72 Schläge in der Minute): sie steigt gegen das 60. Jahr allmälig auf 75 und beträgt im höheren Greisenalter etwa 79 (Guy, Volkmann u. A.). Die mittlere Pulsfrequenz ist in der ersten Lebenswoche 130 — im 2. Jahr: 111 — 3: 108 — 5: 103 — 10: 91 — 15: 82 — 20: 74 — 25: 72, Unterschiede, die durchaus nicht ausschliesslich von den Körperlängen, sondern zum Theil von Alterseinflüssen selbst abhängen. Im Erwachsenen zeigt der Puls eine grössere Celerität als in der Jugend. Die absolute Pulsgrösse ist in mittleren Lebensjahren grösser als in Greisen und selbstverständlich viel bedeutender als im Kinde. In der Jugend wechselt die Grösse der auf einander folgender Pulsschläge mehr als im Erwachsenen, in welchem überhaupt der Kreislauf am gleichmässigsten von Statten geht. Der aussetzende Puls kommt nicht selten vor während der Pubertätsentwicklung und im Greisenalter.

Der arterielle Blutdruck ist in jungen Individuen geringer als im Erwachsenen. Die Venen beherbergen in allen Lebenszuständen mehr Blut als

die Arterien; diese Präponderanz nimmt aber mit zunehmendem Alter immer mehr zu. Die Dauer eines Blutumlaufes ist in jüngeren Thieren kürzer als in älteren; auch empfängt die Körpergewichtseinheit des Kindes beträchtlichere Blutzufuhren.

Hering erhielt folgende Kreislaufszeiten in der Jugularisbahn von Pferden:

Alter in Jahren.	Kreislaufszeit in Sekunden.
8,8	22,5
17,7	25,0
21,1	29,2

567. Verdauung.

Einige Stunden nach der Geburt stellen sich Zeichen des Hungers ein, das Kind wird unruhig, macht Saugbewegungen und ergreift mit Begierde die Brust. Die Zunge ist verhältnissmässig gross und das Fehlen der Zähne erleichtert das Umfassen der Brustwarze. Gegen Ende des ersten Jahres, mit allmäligem Festerwerden der Zufuhren, kommen die Kaumuskeln mehr in Thätigkeit. Die Peristaltik des Darmes ist lebhaft im Kindesalter; die Fäces werden einigemal im Tage (im Greisenalter aber unregelmässiger und sehr viel seltener) entleert. Die Fäces der ersten Lebenstage enthalten starke Beimischungen von Meconium (687), diejenigen des Säuglings sind halbflüssig, hellgelb, sie riechen nicht stark und führen häufig ziemlich viel Fett und geronnenen Käsestoff; auch kommen der Farbstoff und die Säuren der Galle zum Theil unverändert im Koth wieder zum Vorschein.

Der Nahrungsschlauch, wie alle übrigen Körperstellen, resorbirt im Säugling rascher als im Erwachsenen, wegen der verhältnissmässigen Stärke des Blutumtriebes und der reichlichen Absonderung der (meisten) Verdauungssäfte. Das Vorkommen theilweis unverdauter Nahrungsstoffe in den Fäces des Säuglings erklärt sich aus der Kürze des Aufenthaltes des Einverleibten im Darmkanal und aus den oft über Bedarf einverleibten Massen. Viele Speisen können übrigens selbst von älteren Kindern nicht gehörig verdaut werden. Im späteren Mannesalter nimmt die Verdauungsfähigkeit wieder ab, um im Greisenalter der Art und dem Grad nach, am meisten zu sinken. Das Kind nimmt viel häufiger und verhältnissmässig reichlichere Zufuhren auf als der Erwachsene oder gar der Greis; die Verdauungskraft ist somit in den ersten Lebensjahren (im Verhältniss zum Körpergewicht) quantitativ am höchsten, während in den mittleren Jahren die qualitative Verdauungsfähigkeit kulminirt, indem die verschiedenartigsten Substanzen bewältigt werden können.

Die Mundspeicheldrüsen sind anfangs schwächer entwickelt; in den ersten Lebenswochen findet (nach Bidder und Schmidt während der ganzen Säuglingszeit) keine eigentliche Speichelbildung statt. Der Blindsack des Magens ist im Säugling und Kinde wenig ausgebildet, eine der Ursachen der Leichtigkeit des Brechens in diesem Lebensalter.

Der Zahnausbruch beginnt im 6.—9. Monat nach der Geburt und ist von grösserem Blutreichthum der Mundorgane und Speichelsekretion begleitet. Am Ende des 2. Jahres ist das Kind gewöhnlich im Besitz seiner 20 sog. Milch- oder Wechselzähne. Ueber einen gewissen Umfang können die Milchzähne sich nicht vergrössern, sie stehen dann mit dem Wachsthum der Kieferknochen nicht mehr im richtigen Verhältniss; ihre Ernährungsgefässe verkümmern und ihre Wurzeln werden nach und nach resorbirt, so dass die Zähne locker werden und ausfallen. Die bleibenden Zähne brechen vom 7. bis 13. Jahr hervor; nur der dritte grosse Backzahn folgt ums 18.—20. Jahr, oft noch später nach. Im Verlauf des Lebens nützen sich die Zähne durch Abschleifung beim Kauen allmälig ab und zwar die des Unterkiefers früher. Im höheren Alter fallen sie nach und nach aus; betagte Greise sind meist zahnlos, die leeren Zahnhöhlen werden geschlossen und endlich schwinden selbst die Alveolarränder der Kieferknochen. Doch ermöglicht das härter werdende Zahnfleisch immer noch mehr oder weniger die Zerkleinerung der Speisen.

568. Athmen.

Nach der Geburt hört der durch die Placenta vermittelte Gasaustausch zwischen dem mütterlichen und kindlichen Blut auf. Die dadurch entstehende venöse Blutbeschaffenheit, sowie auch die zahlreichen neuen und heftigen Eindrücke auf die sensibelen Nerven, vor allem aber die Gemeingefühle der Respirationsmuskeln (460) üben einen mächtigen Reiz auf das Centrum der Respirationsbewegungen, wodurch die prima inspiratio veranlasst wird.

Die Nabelgefässe werden durch Blutpfröpfe geschlossen und obliteriren bald; an der Einsenkungsstelle der Nabelschnur in die Haut entsteht eine kleine Eiterung, der am Kind hängende Nabelschnurrest verdorrt und fällt durchschnittlich am 6. Tage ab.

Unmittelbar nach der Geburt ist das Athmungsbedürfniss nicht gross (Buffon, Legallois, W. Edwards). Das Blut hat in den ersten Lebenstagen immer noch eine mehr venöse Beschaffenheit; neugeborene Hunde können eine Zeit lang unter Wasser gehalten werden, ohne zu ersticken; die Respiration kann sogar, wenn sie schon begonnen hat, in einzelnen Thieren wieder $^1/_2$—$^1/_4$ Stunde ohne Lebensgefahr unterdrückt werden. Der von einer Suspension alles respiratorischen Gaswechsels begleitete Scheintod der Neugeborenen währt, wie die Geburtshelfer vielfach erfahren, unter Umständen lange.

Die absolute Stärke des respiratorischen Gaswechsels nimmt (wir meinen besonders das männliche Geschlecht) zu bis in das 5. Decennium, d. h. so lange der Körper an Gewicht zulegt; in den spätern Lebensjahren sinkt sie wieder. Im Verhältniss zum Körpergewicht ist dagegen die Respiration des Kindes energischer als im Erwachsenen. Die Sauerstoffabsorption im Vergleich zur Kohlensäureexhalation ist relativ am grössten in jüngeren Thieren (Despretz).

Ein 10jähriger Knabe bildete in den Versuchen Scharling's (584) fast doppelt soviel Kohlensäure als gleiche Gewichtstheile Erwachsener. Die folgenden Angaben Andral's und Gavarret's über die Kohlensäureausscheidung in verschiedenen Lebensaltern beruhen noch auf der relativ grössten Anzahl von Einzelfällen. Die Versuchsmethode dieser Forscher bedingt übrigens etwas zu hohe Werthe.

Alter in Jahren.	Kohlensäure in Grammen in 24 Stunden.
8	440
15	765
16	949
18—20	1002
29—40	1072

Alter in Jahren.	Kohlensäure in Grammen in 24 Stunden.
40—60	887
60—80	808

Die Zahl der Athemzüge in der Minute ist nach Quetelet's Angaben (die für den ruhigen und nicht durch Kleider u. s. w. beengten Zustand jedenfalls zu hoch sind), beim Neugebornen 44, im 5. Jahre 26, vom 15.—20. Jahr 20, vom 25.—30. dagegen 16 (Minimum). Im höheren Greisenalter sind die Athemzüge etwas frequenter, aber weniger tief als in den Mitteljahren (Geist). Ueber die, jedenfalls sehr grossen, Differenzen der geathmeten Luftvolumina ist nichts bekannt. Die sog. Vitalcapacität der Lungen steigt nach Hutchinson bis zum 35. Jahr, um von da an wieder zu sinken. Kinder von 5—7 Jahren liefern nach Schnepf 800—1000 C. C. M. Luft mittelst einer stärksten Ausathmung, also ungefähr 4 mal weniger als der Erwachsene. Während der Pubertätsentwicklung nimmt die Lungencapacität schnell zu. Die Lungen sind im Ruhezustand des Körpers im Mannesalter von ihrer Maximalfüllung viel weiter entfernt als im Greisen, dessen Luftvorrath somit viel weniger variabel gemacht werden kann; zugleich nimmt in letzterem das Gewicht, der Saftreichthum und die Elasticität der Lungen bedeutend ab, der Pigmentgehalt aber zu, und viele Lungenzellen veröden vollkommen.

Nach der Geburt reinigt sich die Haut, unter lebhafter Abstossung der Epidermis, und die perspiratorischen Funktionen beginnen alsbald. Die Cutis des Kindes ist blutreicher und, wie auch die Epidermis, zarter als im Erwachsenen. Die meisten Epidermoidalgebilde zeigen in der Jugend ein bevorzugtes Wachsthum. Das Greisenalter ist sehr wenig zum Schwitzen geneigt.

569. Leber-, Lymph- und Blutgefässdrüsen.

Die Blutcirkulation durch die Leber erfährt nach der Geburt wesentliche Veränderungen (681), das Organ wird blutärmer und weniger dunkel gefärbt als im Fötus; dagegen nimmt die Gallensecretion bedeutend zu. Die vorher röthliche Haut färbt sich nach 20—30 Stunden auf die Dauer einiger Tage etwas gelblich, ein Zustand, der gewöhnlich von in das Blut übergegangenen grösseren Mengen Gallenfarbstoffes (?) abgeleitet und als »Gelbsucht« der Neugeborenen bezeichnet wird. Im Neugeborenen nimmt die Leber $^1/_{20}$, im Erwachsenen nur $^1/_{36}$ des Körpergewichts ein.

Das Lymphsystem präponderirt im Kindesalter viel mehr als im Erwachsenen, junge Thiere liefern grössere Lymphmengen als alte (Nasse); Krankheiten der Lymphdrüsen sind in den ersten Lebensjahren sehr häufig. Die Lymphdrüsen haben ihre volle Ausbildung in der Jugend und erleiden nach Frey später eine Verkümmerung ihrer wesentlichsten Theile, indem sich, namentlich in den centralen Parthieen (der sog. Marksubstanz) immer mehr Bindegewebe auf Kosten der Drüsensubstanz entwickelt, nicht selten mit Fettzellen- oder Pigmenterzeugung.

Die Thymus wächst nach Friedleben durchschnittlich bis zum Ende

des 2. Jahres, bleibt dann stationär, um gegen die Pubertät hin allmälig kleiner zu werden. Im Mannesalter tritt sie bedeutend zurück, die Gefässe veröden, das Gewebe verfällt einer fettigen Metamorphose und schwindet immer mehr. Die Schilddrüse hat ihr relativ höchstes Gewicht im Neugeborenen, während die Milz im Erwachsenen nicht nur absolut, sondern auch relativ am schwersten ist. Sie wächst namentlich im ersten Lebensjahr stark, ihre Malpighi'schen Körperchen sind in jungen Individuen viel deutlicher; im Greisen ist das Organ kleiner, derber und blutärmer.

570. Harnbildung.

Lecanu, Scherer, Bischoff, Mosler u. A. haben den Harn verschiedener Lebensalter untersucht. Nach der Geburt kommen die Nieren in lebhafte Thätigkeit und das Sekret führt bereits alle normalen Harnbestandtheile. In den ersten Tagen des Lebens enthalten die Nieren und der Urin oft cylindrische Säulchen, aus amorphem harnsaurem Ammoniak, Epitelzellen und einzelnen Harnsäurekrystallen bestehend; diese sog. Harnsäureinfarcte können ihrer Häufigkeit wegen nicht als eine pathologische Erscheinung aufgefasst werden. Schon die Art der Nahrung bringt eine verhältnissmässig grosse Intensität der Harnbildung im Säugling mit sich, wie denn diese Funktion, und zwar mehr als manche andere des vegetativen Lebens, im Kindesalter bedeutend vorwiegt. Das relative Gewicht der Nieren ist im Neugeborenen etwa doppelt so gross als im Erwachsenen. Die 24stündige Harnmenge bestimmte Picard an einem 6tägigen Kinde auf 160 Gramme; für das 3.—5. Jahr wird sie zu ungefähr 800—900, für das spätere Knabenalter sogar zu etwa 1500 Grammen angegeben, also nicht viel weniger als im Erwachsenen. Dem entspricht auch der starke Durst der Kinder. Nach Scherer kommen auf gleiches Körpergewicht Kind viel mehr Harn, feste Harnbestandtheile überhaupt, Harnstoff und Salze, als im Erwachsenen; während im letzteren die proportionale Menge der übrigen organischen Harnbestandtheile (ausser Harnstoff) vorschlagen soll. Der Urin des Kindes enthält, wegen des starken Knochenwachsthums, relativ wenig phosphorsauren Kalk (nach Manchen überhaupt Phosphate), dagegen soll die Hippursäure verhältnissmässig vermehrt sein.

Mosler machte folgende Angaben (in Grammwerthen) über die absolute und relative 24 stündige Harnbildung seiner verschiedenaltrigen Versuchspersonen:

	Späteres Knabenalter.	Mann	Auf 1 Kilogr. Körpergewicht Knabe	Mann
Urinmenge	1526	1875	78	40
Harnstoff	18,8	36,2	0,95	0,75
Kochsalz	8,6	15,6	0,44	0,32
Schwefelsäure	1,0	2,6	0,06	0,05
Phosphorsäure	3,0	4,9	0,16	0,08

Ueber den Greisenharn gibt es bloss fragmentäre Erfahrungen. Die festen Bestandtheile nehmen erheblich ab, die Harnmenge aber noch mehr, daher ist das spe-

cifische Gewicht meist etwas höher (Geist). Die Extractivstoffe sollen bedeutend zunehmen (v. Bibra). Die Contractilität der Blase ist gesunken; die nächtlichen Harnentleerungen präponderiren relativ viel mehr als in den übrigen Lebenszeiten.

571. Körperwärme.

Die normalen Temperaturunterschiede der Altersklassen gehen kaum über 1° C. hinaus; ja es sind sogar die Schwankungen der Körperwärme gleich nach der Geburt, trotz der bedeutenden Unterschiede von den bisherigen Lebensbedingungen, nur geringfügig. Den Gang der Temperaturkurve schildert Bärensprung folgendermaassen. Am höchsten ist die Körperwärme bei der Geburt (37°,8 im Mastdarm); sie sinkt dann in den ersten Stunden des Lebens um 1—1½° C., erhebt sich aber in den nächsten Tagen wieder auf 37°,5 und behält diesen Werth ungefähr bis zur Pubertätszeit bei. Von hier an beginnt ein geringes Sinken; das Minimum (36°,9) fällt in das 5. Jahrzehend. Später erhebt sich die Temperatur auffallenderweise wieder fast bis zu dem Werth des Kindesalters.

Die Wärmebildung im Verlauf des Lebens geht parallel mit der Stärke des respiratorischen Gaswechsels. Die absolute Wärmemenge wächst somit (anfangs schneller, später nur sehr langsam) bis in das 4. Jahrzehend hinein, um von da an wieder erheblich zu sinken. Dagegen producirt das Kind grössere Wärmemengen als das gleiche Körpergewicht des Erwachsenen, (nach Barral ein 6jähriger Knabe ⅓ (nur?) mehr als der Mann). In jüngeren Organismen greifen die Abkühlungsmomente relativ viel mehr ein als im Erwachsenen; dadurch ergibt sich unmittelbar die Nothwendigkeit einer verhältnissmässig grossen Wärmeneubildung. Eine Hauptrolle bei den Wärmeverlusten spielt die Hautoberfläche, welche nicht blos blutreicher, sondern auch verhältnissmässig viel grösser ist als im Erwachsenen. (Nach Valentin besitzt der Neugeborene im Verhälniss zu seinem Körpervolum eine fast 3mal grössere Hautoberfläche als der Erwachsene.) Sehr junge Thiere erkalten schnell unter ungünstigen Verhältnissen, z. B. aus dem Nest genommene Vögel (W. Edwards). Der Greis friert leicht und widersteht der Kälte weniger als der Jüngling und Mann.

572. Quantität des Gesammtstoffwechsels.

Sämmtliche Funktionen des Stoffwechsels bieten im Verlauf des Lebens, im Ganzen und Grossen einen annähernden Parallelismus. Die absolute Intensität der vegetativen Funktionen nimmt (anfangs schneller, später langsam) zu bis in das 3. oder selbst 4. Decennium, verharrt dann eine Zeit lang stationär, um später wieder langsam zu sinken. Im Verhältniss aber zum Körpergewicht sind die Funktionen am intensesten im 1. Lebensjahr, von wo an sie, anfangs etwas schneller, später langsamer, sinken. Desshalb bedürfen Kinder verhältniss-

mässig die stärksten Zufuhren, wie sie auch dem Hunger viel früher erliegen als Erwachsene; in Krankheiten können sie schnell abmagern und sich ebenso rasch wieder erholen. Junge Thiere besitzen eine vorzugsweis starke Regenerationsfähigkeit; durchschnittene Nerven z. B. verheilen in ihnen viel rascher als in alten. Auch der Mensch bietet hiefür zahlreiche Beispiele; Wunden heilen am schnellsten im Kinde, am langsamsten (Knochenbrüche z. B.) im Greisen. Letzterer erträgt, obschon sein Nahrungsbedürfniss und seine Esslust an sich schon erheblich geringer sind, den Nahrungsmangel viel schlechter als der Erwachsene in mittlern Jahren; der normale Stoffwechsel des Greisen nähert sich eben allmälig der untern minimalen Grenze, bei welcher die Funktionen überhaupt noch bestehen können, ein Zustand, der keine eingreifenden Veränderungen der gewöhnlichen Lebensbedingungen auszuhalten vermag.

Im Zusammenhang mit der Stärke des relativen Stoffwechsels steht das Bedürfniss nach Schlaf. In den ersten Lebenswochen wacht das gesunde Kind fast nur, um Nahrung aufzunehmen; mit 6 Monaten bleibt es schon Stunden lang wach, aber selbst 1 Jahr alt schläft es immer noch mehr, als es wacht, und auch im 3. und 4. Jahr schläft es zeitweis während des Tages. Am tiefsten ist der Schlaf im Knabenalter. Der 5- bis 6jährige schläft 9—10, der Erwachsene 6—7 Stunden, der Greis viel weniger.

Die Zufuhren in den Nahrungsschlauch betragen beim Erwachsenen in 24 Stunden 3200 Gramme durchschnittlich, also etwa $^1/_{20}$ des Körpergewichts; in der Mitte des ersten Lebensjahres nimmt das Kind 1300 Gramme Milch im Tage zu sich, also etwa $^1/_6$ ja $^1/_5$ seines Körpergewichts. Nach Bartsch beläuft sich die Milchzufuhr des Säuglings im 1. Tag auf einige 20 Gramme, im 5. schon auf 500 (etwa $^1/_7$ der Körperschwere); Gassner bestimmte die Milchzufuhr der 8 ersten Lebenstage auf 2,1 Kilogr.

In den Versuchen Mosler's kamen auf 1 Kilogramm Körpergewicht folgende 24stündige Gesammteinnahmen: Knabe von 6 Jahren: 144 Gramme; von 11 Jahren: 115; 18jähriger Mann 79, 21jähriger 71 Gramme.

573. Qualität des Gesammtstoffwechsels.

Ueber eine Grundfrage, nämlich die gesetzlichen Veränderungen, welche die chemische Constitution des Gesammtorganismus im Ablauf des Lebens erleidet, sind nur spärliche Thatsachen bekannt. Die grössten Schwankungen bietet der Fettgehalt. Die Fettmassen, namentlich des Unterhautzellgewebes, sind schon im Neugeborenen ansehnlich; sie nehmen im Säuglingsalter absolut und relativ bedeutend zu. Der Knabe wird magerer, zum Theil wegen seines starken Muskelgebrauches; noch mehr aber nimmt das Fett um die Pubertätszeit ab. In den mittleren Lebensjahren, wo die schlankeren Formen des Körpers allmälig einem Wachsthum in die Dicke weichen, ist die Neigung zum Fetterwerden häufig wieder grösser; während im Greisenalter, neben stärkerer Abmagerung überhaupt, eine grosse Abnahme des Fettgehaltes der Haut und des übrigen Körpers eintritt.

Die proportionale Menge der festen Körperbestandtheile überhaupt nimmt nach Bezold in der ersten Lebenszeit bedeutend, später aber

bis zum vollendeten Wachsthum, viel langsamer zu; wogegen die relative Menge der unorganischen Bestandtheile während des Wachsthums ziemlich stetig sich steigert. Die Muskeln des Erwachsenen sind reicher an festen Bestandtheilen als im Kind und im Greise.

Im Fötus und in den ersten Lebensjahren sind die Knochen ausgezeichnet durch ihren Wasserreichthum; später nimmt der Wassergehalt erheblich ab, dagegen der Antheil der unorganischen Bestandtheile, des Knochenknorpels und des Fettes entsprechend zu (Friedleben). Das Knochensystem unterliegt übrigens den Altereinflüssen nicht in dem Grad, als man früher glaubte; so hat sich namentlich ein Vorwalten der erdigen Bestandtheile in Greisen durchaus nicht als beständig herausgestellt.

Auch hinsichtlich der Qualität variiren die Zufuhren in hohem Grade im Verlauf des Lebens. So lange der Körper wächst, bedarf er sowohl grosser Mengen stickstoffhaltiger Nährstoffe, als auch, wegen seiner relativ grossen Wärmeverluste, bedeutende Massen sog. Respirationsmittel. Beachtenswerth ist die grosse Verschiedenheit in dem Verhältniss beider Arten von Alimenten. In der Milch, der naturgemässen Nahrung des Säuglings, verhalten sich die Stickstoffhaltigen zu den Stickstofflosen wie 1 zu 2 bis $2^1/_2$; in der Nahrung des Knaben wie 1 zu $5^1/_2$ nach Playfair, in der des Erwachsenen endlich wie 1 zu $3^1/_2$.

574. Generationswerkzeuge.

Ein Curiosum ist die Milchsekretion des Neugeborenen. Die Brüste schwellen ein wenig an und werden blutreicher und die Milchdrüsen liefern, einige Tage oder selbst 2—4 Wochen hindurch, kleine Mengen eines Sekretes mit den mikroskopischen und chemischen Charakteren der Milch. Gubler fand in demselben 2,3% Casein, 1,4% Fette und 6,4% Zucker und Extractivstoffe. Die meisten Kinder beiderlei Geschlechtes bieten diese Erscheinung, die keineswegs, wie der Volksname »Hexenmilch« erwarten lässt, anomal ist.

Die specifischen Funktionen der Genitalien entwickeln sich allmälig mit der Pubertät. Die Generationsapparate werden in beiden Geschlechtern blutreicher und wachsen stärker; die Schamhaare brechen hervor, die Sekretion der Talgdrüsen dieser Körperstelle nimmt zu. Die Eichel und das Glied, die Samenblasen, Prostata und Hoden vergrössern sich. Die Samenkanälchen des Hodens führen, während sie im Knaben bloss unentwickelte helle Zellen enthalten, ein Sekret mit zunehmend reichlicheren Samenfäden. Im weiblichen Geschlecht gewinnt die Beckengegend relativ viel an Umfang, die Schleimhaut der Genitalien sondert stärker ab, der Uterus wächst bedeutend, die Eierstöcke werden grösser, saftreicher und produciren nunmehr reife, befruchtungsfähige Eichen, welche unter den Begleiterscheinungen der Menstruation abgestossen werden. Die Brüste schwellen an und die Brustwarzen treten stärker hervor.

Aeltere Mütter bringen schwerere Kinder zur Welt (Duncan). Die generativen Thätigkeiten des Weibes erstrecken sich bis in die Mitte des 5. Jahrzehends; von da an wird der Menstrualfluss unregelmässiger, sparsamer, weniger roth gefärbt; die Schleimsecretion der Genitalien nimmt meist zu, die Brüste werden schlaff. Die Eierstöcke älterer Frauen enthalten nur wenige oder gar keine Graaf'sche Follikel. Im Manne werden die Hoden blutärmer, kleiner, das Scrotum schlaff, und die Samensecretion nimmt bedeutend ab. Letztere versiegt übrigens selbst im höheren Alter in der Regel nicht völlig, nur ist der sparsam gebildete Samen wässrig und arm an Samenfäden.

575. Stimme.

Die Tonhöhe kleiner Kinder weicht wenig ab von der weiblichen Stimmlage. Um das 6. Jahr erhält das Kind, dessen Kehlkopfmuskeln sich nunmehr stärker entwickeln, leicht einen Umfang von etwa 1 Oktave. Charakteristisch für den kindlichen Kehlkopf ist, dass der Stimmfortsatz des Giesskannenknorpels noch nicht vorhanden ist; derselbe entwickelt sich erst vor der Pubertät.

Während der Pubertätsentwicklung wächst der Kehlkopf des Knaben (der nach Merkel schon einen etwas grösseren Umfang besitzt als im Mädchen) rasch und zwar am meisten nach vorn (daher das starke Hervorragen des Pomum Adami); die Stimmbänder werden länger und dicker, die Knorpel härter und stärker. Im weiblichen Geschlecht wächst der Kehlkopf mehr in die Länge als in die Breite und Tiefe. Während dem verändert (»bricht«) sich die Stimme und gewinnt in beiden Geschlechtern an Umfang. Die auffallendsten Veränderungen bietet das männliche Geschlecht; während der Knabe Sopran oder Alt sang, wird die Stimme, in der Regel um 1 Oktave und mehr, tiefer; am Anfang der Uebergangsperiode sind jedoch die Töne noch schwach und klanglos.

Meist zwischen 20. und 25. Jahr beginnt der Kehlkopf an bestimmten Stellen des Ring- und Schildkorpels (vorzugsweise von den Muskelansätzen aus) zu verknöchern, doch sind die Verknöcherungsgrade sehr verschieden. Im höhern Alter schreitet dieser Process weiter, die Elasticität der Stimmbänder nimmt ab, die Absonderung der Kehlkopfschleimhaut wird verändert, die Stimme wird etwas tiefer und verliert an Wohlklang und Stärke.

576. Sinnesthätigkeiten.

Die Sinneswerkzeuge des Neugeborenen, namentlich das Auge und innere Hörorgan, zeichnen sich durch ihre Grösse aus. Unter allen normalen Gefühlen sind die des Hungers und der Sättigung bei weitem die stärksten; das Kind schreit nach Nahrung und beruhigt sich, wenn sein Verlangen erfüllt wird. Geschmacksempfindungen sind unzweifelhaft vorhanden; bringt man Süsses auf die Zunge, so macht das Kind Saugbewegungen, während Bitteres nach Magendie und Kussmaul Verziehen des Gesichts, selbst Würgen und Ekel

veranlasst. Nach Letzterem kommen auch starke Riechempfindungen vor. Uebrigens ist noch im spätern Kindesalter die Nasenhöhle räumlich wenig entwickelt und das Geruchsvermögen steht entschieden zurück hinter dem Erwachsenen. Die Wärme des Bades ist dem Säugling meistens angenehm; seine Haut ist ziemlich empfindlich, namentlich an den Lippen, und Berührung der letzteren löst gewöhnlich Saugbewegungen aus. Die Reaction selbst auf starke Geräusche ist anfangs gering; bald aber treten Reflexbewegungeu u. dergl. nach Einwirkung von Schallen häufig auf. Die Pupille bewegt sich lebhaft und die Empfindlichkeit gegen starkes Licht ist in den ersten Lebenstagen bedeutend. Zu Anfang des 3. Monats werden einzelne Gegenstände wirklich fixirt; die Sehaxen haben aber immer noch vorwaltend die Neigung zur Parallelstellung. Die Pupille ist, wie auch im spätern Kindesalter, viel grösser als im Erwachsenen; die Augenmedien sind überhaupt in den ersten Lebensjahren am durchsichtigsten.

Mit allmäliger Scheidung der Empfindungen in objective und subjective gewinnen die Sinneswahrnehmungen an Stärke und Genauigkeit. Der Ortssinn der Haut entwickelt sich jedoch erst dann gehörig, wenn willkürliche Tastbewegungen möglich werden. Nach Czermak ist der Ortssinn der Haut im Knaben stärker entwickelt als im Erwachsenen. Das Unterscheidungsvermögen für Farben ist in Kindern oft gering; dagegen kulminirt bei ihnen die Fähigkeit, bei geringem Licht und auf die verschiedensten Entfernungen zu sehen. In Greisen nimmt überhaupt die Empfindlichkeit der Sinne beträchtlich ab, die mittlere Sehschärfe (398) beträgt kaum noch $^1/_4$ der ursprünglichen; der Glanz der Augen geht meist verloren, die Hornhaut bekommt einen weissen Ring (Arcus senilis), das Auge wird übersichtig und fernsichtig; auch die Gehörempfindungen erfahren, nach Intensität und Qualität, manchfache Beeinträchtigungen; die höchsten musikalischen Töne (der 7 gestrichenen Octave) werden nicht mehr wahrgenommen.

Das relative Accommodationsvermögen (386) ist nach Donders und Jäger jun. in jugendlichen Individuen sehr häufig $^1/_4$ oder $^1/_3$, im 3. Decennium $^1/_5$, im 4. Decennium meistens $^1/_8$—$^1/_{10}$, bei Greisen wird es, in Folge von zunehmendem Härterwerden der Linse, bedeutend, oft auf ein Minimum herabgesetzt.

Nach Donders liegt (normalen Augenbau vorausgesetzt) der Nahpunkt im 10ten Jahr $2^3/_4$ Zoll — im 20 : 4″ — im 30 : $4^4/_5$″ — im 40 : 7″ — im 50 : 11″ — im 60ten Jahr : 24″ durchschnittlich vom Auge ab. Viel später dagegen erleidet der Ruhepunkt, der lange in unendlicher Ferne liegt, Veränderungen; er wird durchschnittlich etwa vom 50ten Jahr an negativ und liegt im 80. Jahr etwa 24 Zoll hinter dem Auge. Wegen der Altersveränderungen der von Anfang an kurz- oder übersichtigen Augen s. die Lehrbücher der Augenheilkunde.

577. Seelenthätigkeiten im Kinde.

Die psychischen Thätigkeiten, deren Entwicklung kein Physiologe treffender als Burdach geschildert hat, entstehen, nehmen allmälig zu und sinken wieder; jede erreicht ihre Höhe in einer bestimmten Lebenszeit.

Die psychische Anlage des kleinen Kindes kommt zur Entfaltung durch die Anregungen, welche von Aussen mittelst der Sinne gegeben werden. Em-

pfindungen, zahlreicher und stärker als im Fötus, vor allem die Gefühle des Hungers und der Sättigung, sind die ersten geistigen Regungen des Neugeborenen; sie führen zu Ausdrücken des Behagens und Missbehagens, zu Bewegungen der Glieder, Schreien u. s. w. Sie sind anfangs beziehungslos und inhaltsarm; allmälig aber lernt das Kind dieselben unterscheiden in objective und in Gemeingefühle. Die Anfänge dieses wichtigen Processes reichen wohl nicht weiter zurück als bis etwa zur 10. Lebenswoche; denn jetzt erst treten unverkennbare Zeichen auf, dass das Kind einzelnen Gegenständen, namentlich glänzenden und bewegten, seine Aufmerksamkeit schenkt, indem es ihnen mit den Augen nachfolgt. Bald sucht es nach denselben zu greifen und lernt somit allmälig die Richtungen unterscheiden; es beruhigt sich, wenn es Vorbereitungen sieht, um ihm Nahrung zu geben. Im 5. und 6. Monat werden Personen der gewohnten Umgebung erkannt und es beginnt, während das Antlitz bisher ruhig und ohne Ausdruck war, langsam ein Verständniss für die Geberdensprache der Umgebung; auf freundliche Mienen antwortet das Kind mit Bewegungen des ganzen Körpers und mit Lächeln insbesondere und gibt bald sogar Beweise von Neigung und Abneigung gegen bestimmte Personen. Regungen von Missgunst, wenn Andere etwas erhalten, was es haben wollte, treten mit der allmälig stärkern Entwicklung der Muskeln, im 9. und 10. Monat auf.

Bedeutend sind die Fortschritte im 2. Jahr. Die Sinne treten in umfassenderer Weise in den Dienst der Seele; die Aufmerksamkeit auf die Umgebung nimmt in hohem Grade zu und gehen die sinnlichen Eindrücke auch schnell vorüber, so wird andererseits das Kind weniger als der Erwachsene verhindert, dem augenblicklich Einwirkenden vollkommen und ungetheilt sich hinzugeben. Mit der Fähigkeit, sich willkürlich zu bewegen, vervielfältigen sich die Beziehungen zur Aussenwelt und die Steigerung der Muskelkraft führt zu jenem Zerstörungstrieb, der auch dem spätern Kindesalter noch eigenthümlich ist. Zu Anfang des 2. Jahres werden einige leichte Worte, am Ende desselben schon kurze Sätze gesprochen. Wie die Vorstellungen, so beziehen sich auch die Worte des Kindes anfangs nur auf einfache sinnliche Dinge; doch sehr bald macht sich die Tendenz zur Bildung von Begriffen geltend, zu deren Bezeichnung das Kind häufig ein konkretes Einzelnes benützt, z. B. alle Männer heissen wie der Papa, alle Hunde erhalten den Namen des Haushunds. Hieran reihen sich die ersten Urtheilsbildungen, zunächst nur sinnliche, später höhere intellectuelle Verhältnisse betreffend, so dass es im Verlauf des 3. Jahres zur förmlichen Rede als Ausdruck einer Gedankenreihe kommt. Der Besitz sämmtlicher Verständigungsmittel führt nunmehr auch das Bedürfniss der Geselligkeit herbei. Alle diese Entwickelungen macht das Kleine, bei seiner offenen Sinnlichkeit und seinem unverwüstlichen Trieb zur Nachahmung, unbewusst und ohne Anstrengung durch, und gleichwohl sind die Leistungen — wie schnell

werden z. B. zahlreiche Worte dem Gedächtniss einverleibt! — dem Grad und Umfang nach höchst bedeutend.

Das Knabenalter ist vorzugsweise die Periode der einfach receptiven Belehrung. Die Aufmerksamkeit richtet sich auf vielerlei Gegenstände, die Auffassung ist schnell und lebendig und das Gedächtniss, welches leicht und mühelos eine ausserordentliche Menge von Dingen aufbewahrt, erreicht seinen Höhepunkt; viele Eindrücke dieser Zeit bleiben unauslöschlich, ja maassgebend für das ganze Leben. Die vorherrschende Gemüthsrichtung des Kindes und Knaben ist Heiterkeit; deprimirende Affekte kommen nur vorübergehend vor und zeigen eine verhältnissmässig geringe Stärke, wie sie auch nur sehr selten als Krankheitsursache auftreten. Während die ersten Lebensjahre verhältnissmässig nur geringe psychische Unterschiede der Einzelnen bieten, entwickeln und differenziren sich die geistigen Richtungen und Fähigkeiten später deutlicher, einzelne Leidenschaften treten mehr hervor, sowie auch die Physiognomieen allmälig etwas prägnanter und individualisirter werden.

578. Seelenthätigkeiten in der spätern Lebenszeit.

Mit dem Jünglingsalter gestalten sich die Beziehungen zum Leben und zur Schule wesentlich anders. Verstand und Urtheilskraft sind reifer, die geistige Leistungsfähigkeit grösser und umfassender geworden. Man bleibt nicht mehr bei der Thatsache und der blossen Anschauung stehen, sondern forscht nach den realen Ursachen der Erscheinungen und deren Bedeutung für das Leben. Die Vorbereitung zum künftigen Beruf unterstützt in hohem Grade diese veränderte Richtung des, auf bestimmtere Zielpunkte gerichteten, mehr von Regungen des Ehrgefühls getragenen, desshalb weniger als früher eine fremde Leitung ertragenden geistigen Strebens. Die Pubertätsentwicklung weckt zahlreiche neue Gefühle und Begierden; die Unbefangenheit der ersten Jugend hört auf, um gemessenen Beziehungen zu dem andern Geschlecht und zu Erwachsenen überhaupt Platz zu machen. Die Berührungen mit dem Leben, sowie die Verpflichtungen gegen dasselbe, sind aber verhältnissmässig noch wenig mannigfaltig und intensiv; ernstere, die Individualität beschränkende Erfahrungen stellen sich nur selten ein und werden überhaupt leichter ertragen und überwunden; man ist noch nicht im Besitz der vollen Vorstellung der Conflicte, welche die spätern Jahre Jedem nothwendig bereiten, unterschätzt desshalb vielfach die Macht und Berechtigung der gewöhnlichen Verhältnisse und Einrichtungen des Lebens und traut der eigenen Kraft alles zu. Diese Periode ist desshalb mehr als irgend eine andere die Zeit der weitgehenden Entwürfe, der ungehemmten Ideale, der geringsten Beschränkung der Phantasie. Die Leidenschaften, im Dienst heftigerer Strebungen, werden allmälig stärker; die Gesichtszüge verändern sich oft schnell und erhalten meist jetzt schon ihren specifischen Ausdruck für das ganze spätere Leben.

Das Mannesalter ist die Periode der Reife, der Culmination der psychischen Kräfte, in welcher sich die geistigen Individualitäten am deutlichsten ausprägen und von einander unterscheiden. Die bei ihrem erreichbaren Maximum angelangten Leistungen des Einzelnen sind vielseitig und unter sich in grösserer Harmonie; die frühere Ueberschwenglichkeit der Anschauungen hört auf, die Phantasie unterwirft sich einem strengeren, ruhigeren Gedankengang, das wissenschaftliche und künstlerische Talent kommt zur vollsten Entfaltung. Den schwierigeren Aufgaben im öffentlichen Leben und in der Familie entspricht eine veränderte Richtung des Gemüthes, der Mann ist viel ernster und, äusserlich wenigstens, ruhiger als der Jüngling. Die höheren und ungleich nachhaltigeren Strebungen wecken aber mit Nothwendigkeit intensere Leidenschaften. Die Disposition zu psychischen Krankheiten, selbst der Hang zu Verbrechen erreicht (letzterer früher, erstere später) im Mannesalter ihr Maximum.

Zugleich mit dem Körper ermüdet im Greisen allmälig auch der Geist; das Gedächtniss verliert von seiner frühern Stärke, das Sprechen geschieht langsamer, die Beziehungen nach Aussen sind nicht mehr so vielseitig, die Theilnahme für Fremdes wird geringer, der Standpunkt egoistischer. Die Ziele, so weit sie erreichbar waren, sind erreicht und damit weiteren Wünschen und Anstrengungen eine natürliche Grenze gesetzt. Der Geist kommt zur Ruhe, die Phantasie tritt zurück, die produktive Frische hört auf und nur ungern accommodirt man sich neuen Anschauungen und Verhältnissen, oder beurtheilt dieselben sogar ungerecht und partheiisch. Dagegen hält der Greis um so fester an seinem frühern Erwerb und den hergebrachten, von ihm bewährt gefundenen Anschauungen. Innerhalb dieser gewohnten Sphäre aber sind seine Auffassungen um so objectiver, seine Urtheile um so ruhiger und zutreffender, je mehr sie auf gereifter Erfahrung beruhen und je weniger sie von den Leidenschaften gestört werden, welchen das kräftigere Lebensalter ausgesetzt ist.

Das Gehirn des Menschen wächst sehr rasch; das grösste Gewicht erreicht es im 4. Decennium und wird von da an wieder etwas leichter. Dagegen nimmt dasselbe im Neugeborenen etwa $^1/_8$ bis selbst $^1/_7$, im Erwachsenen nur ungefähr $^1/_{10}$ des Körpergewichtes ein.

B. Das Geschlecht.

579. Vorbemerkungen.

Die generativen Verrichtungen des Weibes sind ungleich mannigfaltiger und in den Organismus eingreifender als im männlichen Geschlecht. Aber auch abgesehen von diesen, ihren specifischen Funktionen bieten beide Geschlechter viele und zum Theil beträchtliche Unterschiede der Organisation und der Verrichtungen. Diese Abweichungen, von welchen auch die Thierwelt viele auffallenden Beispiele liefert, sind um so ausgeprägter, je mehr die Generationsorgane zur Ausbildung und Entfaltung kommen. Daraus folgt: 1) Die erste

Lebenszeit zeigt verhältnissmässig die geringsten, die Periode der Zeugungsthätigkeit aber die grössten funktionellen Unterschiede zwischen beiden Geschlechtern. 2) Nach der Involution der Geschlechtsorgane bildet sich eine gewisse Annäherung mancher weiblichen Charaktere an die männlichen in Funktionirung und Körperhabitus aus; diese Veränderungen beziehen sich besonders auf Stimme, Gesichtsbildung, Blick und abnehmende Weichheit des weiblichen Gemüthes. 3) Den besten Beweis für die grosse Abhängigkeit des Gesammtorganismus von den generativen Funktionen bieten die männlichen Castraten; die Entfernung der Hoden vernichtet nicht bloss das Zeugungsvermögen, sondern stört auch, wenn sie in früheren Jahren erfolgt, die Entwicklung der specifisch männlichen Charaktere des Körpers und Geistes überhaupt. Die Statur ist meist klein, der Körperbau zarter, die Muskulatur weniger entwickelt, die Beckenregion breit, der Brustkorb schmal, die Haut weich und fettreich, der Bart fehlt, der Kehlkopf ist klein, die Stimme hoch, das psychische Verhalten erinnert mehr an das Weib. 4) Unvollkommene Entwicklung der Hoden oder Eierstöcke unterdrückt, ausser den specifischen Funktionen, auch gewisse constitutionelle Geschlechtsunterschiede. Die sog. Mannjungfern (Viragines) mit wenig entwickelten Brüsten, vollständigen aber kleineren inneren Genitalien, follikelarmen Eierstöcken, sparsamer oder fehlender Menstruation, haben eine grössere Statur, weniger entwickelte Beckengegend, tiefere Stimme, derbere Haut, selbst behaarte Oberlippe u. s. w. In Solchen, deren Hoden in der Ausbildung zurückgeblieben sind, finden sich gewisse Eigenschaften des männlichen Castraten mehr oder weniger wieder.

580. Wachsthum.

Die durchschnittliche Körperlänge beträgt in Deutschland beim Manne 172, beim Weib 164 Centimeter. Dieser Unterschied zu Gunsten des männlichen Wuchses besteht, wenn auch in verschiedenem Grad, in allen Lebensperioden. Die Wachsthumscurven beider Geschlechter laufen etwa bis zum 12. Jahr einander nahezu parallel; dann erfolgt das Wachsthum der Mädchen verhältnissmässig etwas schneller, erreicht aber früher sein Ende. Das 16—17jährige Mädchen ist verhältnissmässig schon ebenso weit vorgerückt als der 18—19jährige Jüngling (Quetelet). Mehrere andere Funktionen gehorchen derselben Norm: der weibliche Organismus entwickelt sich etwas schneller, erleidet dagegen früher einen Rückgang als der männliche.

Das durchschnittliche Körpergewicht des erwachsenen Mannes in mittleren Jahren beträgt ungefähr 64 Kilogramme; die Frau ist um 9 Kilogramme leichter. Das, schon in der späteren Fötalzeit merkliche, Uebergewicht des männlichen Geschlechtes macht sich in allen Lebensjahren geltend (563) mit Ausnahme des zwölften (Quetelet). Indem nämlich gegen die Pubertät hin das Gewicht schnell zunimmt und dieser Zeitpunkt im weiblichen Geschlecht früher erreicht

wird, so holt letzteres das männliche Geschlecht, wenn auch nur vorübergehend, ein. Das Maximum des Körpergewichtes fällt beim Mann ungefähr in das 40., bei der Frau aber in das 50. Jahr.

581. Bewegungsorgane.

Im männlichen Geschlecht erlangt der gesammte Bewegungsapparat eine stärkere Ausbildung, die Muskeln sind massiger, derber und röther, die Bewegungen charakterisirt durch Kraft und Ausdauer, im Weib mehr durch Leichtigkeit. Der dynamometrische Effect (84) des Mannes übertrifft nach Regnier mindestens um ein Drittel, der eigentliche Nutzeffect ohne Zweifel noch mehr, die analogen Leistungen des Weibes. Am grössten ist diese Bevorzugung im 3. und 4. Jahrzehnd.

Das männliche Skelet ist grösser, sowie (absolut und relativ) schwerer; es beträgt 10 %, das weibliche bloss 8 % des Körpergewichtes. Die Knochen sind eckiger, rauher, die Muskelansätze markirter, die Gelenkhöhlen tiefer. Wesentliche Unterschiede der chemischen Zusammensetzung der Knochen gibt es dagegen nicht. Der Brustkorb des Mannes übertrifft, ganz besonders in seinem oberen Theil, den weiblichen in allen Dimensionen; das Brustbein ist länger und breiter, die Schlüsselbeine länger und stärker gebogen, die Schulterblätter dicker und weiter von einander abstehend, die Rippen länger, breiter und entschieden dicker, von den oberen Extremitätenknochen namentlich die der Hand absolut und relativ grösser. Dagegen ist im Weib die Lenden- und Beckenregion bevorzugt; die Lendenwirbel sind höher, das grosse Becken breiter, flacher und niedriger, das kleine ebenfalls niedriger, aber in den anderen Dimensionen weiter. Desshalb stehen die Schenkelknochen des Weibes oben weiter von einander ab und convergiren in der Richtung gegen das Knie viel stärker. Die unteren Extremitäten sind absolut, sowie relativ zur Körperlänge, kleiner als im Mann, daher ist die Schrittgrösse des letztern ansehnlicher. Nach Fechner verhält sich die weibliche Schrittgrösse zur männlichen wie 1000 zu 1157.

582. Verdauung, Harnbildung, Ernährung.

Der ganze Dauungsapparat, sammt den Anhangsorganen, Leber, Pankreas u. s. w. ist im Weib kleiner. Die Mundhöhle ist weniger geräumig, die Kaumuskulatur schwächer ausgebildet; die Zähne, namentlich die Eckzähne, sind kleiner, und es kommt eher vor, dass einzelne Milchzähne das ganze Leben hindurch verharren, ohne durch Ersatzzähne verdrängt zu werden. Auch fehlen die Weisheitszähne dem Weib öfter als dem Mann. Der Magen ist ziemlich kleiner und dünnwandiger, der Dünndarm weiter, aber relativ kürzer.

Nieren und Harnblase der Frau sind kleiner, das Bedürfniss Harn zu lassen stellt sich seltener ein als im Mann. Der Urin der Frau steht nach Gesammt-

menge, Summe der festen Bestandtheile überhaupt, Harnstoff und unorganischen Verbindungen hinter dem Mann zurück und zwar sowohl absolut, als auch im Verhältniss zum Körpergewicht. Nur die Harnsäure soll keine Verschiedenheiten bieten. Die Versuche von Lecanu, Bischoff und Beigel ergaben für den Mann 33,7, die Frau 24,0 Gramme, also auf 1 Kilogramm Körpergewicht 0,40 und 0,35 Gramm Harnstoff in 24 Stunden.

Der Stoffumsatz ist im männlichen Geschlecht absolut, sowie im Verhältniss zum Körpergewicht, stärker; der Unterschied ist wiederum am deutlichsten in den mittleren Lebensjahren. Dem entspricht auch ein grösseres Bedürfniss nach Schlaf; Frauen ertragen die Schmälerung des letzteren leichter als Männer, deren Schlaf fester und länger ist.

Die Nahrungszufuhren zum männlichen Körper sind grösser, Hunger und Durst stellen sich häufiger ein und ihre Nichtbefriedigung kann weniger leicht ertragen werden. Der Mann liebt nahrhafte, mehr animalische, die Frau mehr vegetabilische Speisen. Es fehlt an vergleichbaren Angaben über die Durchschnittswerthe der Zufuhren in beiden Geschlechtern.

Der weibliche Körper ist nach vollendetem Wachsthum fettreicher als der männliche, am bevorzugtesten sind die Gegenden des Gesässes und der Brust. Die Fettansammlung unter der Haut bedingt die grössere Abrundung der weiblichen Formen. Die Epidermoidalgebilde des Weibes sind weicher und zarter; die Haare erlangen an allen Körperstellen eine geringere Entwicklung, mit Ausnahme der durch Länge und Feinheit ausgezeichneten Kopfhaare; Kahlköpfigkeit ist im Weib eine seltene Erscheinung.

583. Blut und dessen Umlauf.

Das Blut des Mannes zeigt ein etwas höheres specifisches Gewicht, einen stärkeren Geruch namentlich nach Schwefelsäurezusatz; es gerinnt langsamer und bildet eine derbere Placenta, es ist reicher an festen Bestandtheilen, namentlich an Blutkörperchen (also auch an Eisen), nur die Salze und das Eiweiss sollen eine Ausnahme machen. Das Serum der Frau ist fast 1 % wasserreicher. Die mit einander vergleichbaren neueren chemischen Blutanalysen — die Forscher Lecanu, Becquerel und Rodier, Nasse u. A. gelangten theilweis zu widersprechenden Ergebnissen — führen etwa zu folgenden Durchschnittswerthen in runden Zahlen:

	Mann	Weib
Eiweiss	54	57
Fibrin	3	2
Blutkörperchen	152	125
Salze	7	8
Wasser	784	808

Der Puls der Frau ist etwas frequenter, ein Unterschied, der nach Franken-

häuser schon im Fötalleben häufig hervortritt und sich noch bewährt, wenn man männliche und weibliche Individuen derselben Körpergrösse einander gegenüberstellt. Ausserdem ist der weibliche Puls kleiner und hinsichtlich der Dauern der auf einander folgenden Schläge veränderlicher als im Mann.

Guy kam zu folgenden Mittelwerthen:

Alter in Jahren.	Pulsfrequenz.		Alter in Jahren.	Pulsfrequenz.	
	Männlich	Weiblich		Männlich	Weiblich
2—7	97	98	42—49	70	77
8—14	84	94	49—56	67	76
14—21	76	82	56—63	68	77
21—28	73	80	63—70	70	78
28—35	70	78	70—77	67	81
35—42	68	78	77—84	71	82

Die Blutmasse des Mannes ist nach Valentin relativ grösser; das Herz und die Gefässe sind weiter und dickwandiger, (der arterielle Blutdruck ohne Zweifel etwas höher), die Capacität des Venensystems relativ noch mehr vorwiegend. Im Weib sind namentlich die Gefässe der Generationsapparate bevorzugt. Hering fand eine Kreislaufsdauer (für die Jugularisbahn) in Stuten von 25,4, in Hengsten von 27,3 Secunden.

584. Athmen.

Der gesammte Athmungsapparat ist im Manne stärker entwickelt als in der Frau. Die Nase und besonders die Nasenlöcher sind (auch relativ) grösser, die Nasenhöhlen und deren Annexa viel geräumiger, der Kehlkopf (der im Weib nicht oder nur an beschränkten Stellen verknöchert) bedeutend entwickelter und hervorspringender, der Brustkorb nach allen Richtungen grösser. Die Stimmlage beider Geschlechter s. 497. Die Vitalcapacität des mittleren Mannes beträgt 3200 bis 3600 C. C. M., die des Weibes fast 1/3 weniger (etwa 2500 C. C. M.). Die Athemzüge des Mannes sind etwas seltener, aber viel tiefer, das geathmete Luftvolum also bedeutender. Im Mann waltet das Bauchathmen vor, d. h. bei der Inspiration erweitert sich vorzüglich die untere Thoraxapertur und der Bauch schwillt an. Im Weibe, dessen Rippen elastischer sind, herrscht das Brustathmen vor; während des Einathmens erweitern sich die oberen Parthieen des Thorax und der Bauch sinkt gleichzeitig ein.

Dulong und Desprez fanden in männlichen Thieren bedeutendere Kohlensäurewerthe. Nach Andral und Gavarret bildet das männliche Geschlecht in allen Lebensperioden zwischen dem 8. Jahr und dem hohen Greisenalter mehr Kohlensäure (durchschnittlich etwa 1/3) als das weibliche. Dieser Unterschied ist besonders stark zur Zeit der Geschlechtsreife, wo er fast das Doppelte beträgt; während dieser ganzen Periode soll überdiess die Kohlensäurebildung der Frau annähernd gleich bleiben und erst gegen Ende des 5. Decenniums wieder etwas wachsen, um schliesslich, der allgemeinen Norm ge-

mäss, im höhern Alter allmälig zu sinken. Die Perspiration ist viel stärker im Manne, auch ist derselbe entschieden mehr zum Schwitzen geneigt. Erhebliche Temperaturunterschiede der Geschlechter bestehen nicht; nach Bärensprung ist das Weib ein Minimum höher temperirt; während J. Davy das Gegentheil behauptet.

Scharling erhielt folgende Kohlensäurewerthe im ruhenden Körperzustand:

	Alter	Körpergewicht in Kilogr.	Kohlensäure ausgeathmet in 1 Stunde in Grammen. absoluter Werth	auf ein Kilogramm Körpergewicht.
Mann	35 J.	65	35,5	0,51
Mann	28	82	36,6	0,45
Jüngling	16	57,7	34,3	0,59
Jungfrau	17	55,7	25,3	0,45
Knabe	9,7	22	20,3	0,92
Mädchen	10	23	19,1	0,88

585. Nervensystem.

Das männliche, im Allgemeinen etwas windungsreichere, Gehirn ist in allen Lebensperioden schwerer als das weibliche; nach Husche betragen im Erwachsenen die beiderseitigen Durchschnittswerthe 1424 und 1272 Gramme. Im Mann überwiegen die vorderen und oberen Grosshirnlappen, im Weib die Hinterhauptslappen. Der Hirnschädel des Mannes ist in allen Durchmessern etwas grösser und weniger abgerundet, der Gesichtsschädel sowohl an und für sich als im Verhältniss zum Hirntheil bedeutend grösser als in der Frau.

Nach Huschke steigt mit der Vervollkommnung der Race der Unterschied des Schädelinhaltes beider Geschlechter, sodass der Europäer die Europäerin weit mehr hierin übertrifft als der Neger die Negerin.

Das Nervensystem des weiblichen Geschlechtes ist reizbarer, wie auch zahlreiche pathologische Erfahrungen darthun. Starke Sinnesreize, namentlich Schalle und durchdringende Gerüche, werden heftiger empfunden; Reflexbewegungen sind häufiger. Gleichwohl erduldet die Frau Schmerzen nicht selten besser und standhafter als der Mann; manche Sinnesleistungen sind bei ihr bevorzugt, namentlich das Getast und die Farbenwahrnehmungen.

Das männliche Geschlecht zeigt eine an Tiefe und Umfang grössere geistige Leistungsfähigkeit und eine stärkere Ausprägung und mannigfaltigere Charakteristik der Einzelindividuen. Selbst die Gesichtszüge sind im Manne individualisirter, als die feineren und milderen weiblichen Physiognomieen. Die Frau lebt mehr der unmittelbaren Gegenwart, der äussern Anschauung, der concreten Empfindung, den nächsten Beziehungen der Dinge. Diese vorzugsweis receptive Richtung begünstigt die bemerkenswerthe Entfaltung ihres Gemüthslebens; sie ist theilnehmender für den Nebenmenschen als der Mann, ihre Kinderliebe ist inniger, ihre Religiosität und Sittlichkeit grösser; aber auch das Urtheil schnellfertiger und oberflächlicher, das Handeln minder

nachdrücklich. Der Mann wendet sich mehr den objectiven reellen Ursachen der Erscheinungen, sowie den abstrakteren Verhältnissen zu; das Gemüth tritt mehr zurück, der schaffende und Neues hervorbringende Verstand gewinnt die Oberhand. Nahezu alle wichtigen Erfindungen und Entdeckungen in Kunst, Wissenschaft und Leben rühren vom Manne her. Affekte und Leidenschaften sind im männlichen Geschlecht heftiger und ausgeprägter; der Mann ist muthiger, beharrlicher und desshalb rücksichtsloser und roher in seinen Handlungen. Der Hang zu Verbrechen ist im männlichen Geschlecht viel grösser, in Frankreich z. B. um das Vierfache, auch überwiegen in demselben die, durchschnittlich schwereren, Verbrechen an Personen verhältnissmässig noch mehr. Bloss etwa 1/4 der Selbstmorde fällt auf das weibliche Geschlecht. Diese Thatsachen sprechen um so deutlicher zu Gunsten des letzteren, als keine durchgreifenden Geschlechtsunterschiede in der allgemeinen Anlage zu Geisteskrankheiten bestehen, sodass folgerichtig weder die Selbstmorde noch die Verbrechen — wenigstens in ihrer grossen Mehrzahl — auf wirkliche Geistesstörungen zurückgeführt werden dürfen.

Diese Eigenschaften beider Geschlechter hängen nicht bloss von äusseren Ursachen, dem Culturzustand u. s. w., sondern wesentlich von ursprünglichen Verschiedenheiten ab. Die geistigen Unterschiede sind am stärksten vom 3. bis 5. Jahrzehnd des Lebens; aber schon im Kinde lassen sich ihre Keime erkennen. Der Knabe ist muthiger, heftiger, lebhafter, das Mädchen sanfter, gelehriger und verständiger, namentlich in den gewöhnlichen Angelegenheiten des Lebens. Auch hier gilt die Norm, dass das Mädchen sich schneller entwickelt als der Knabe, wogegen das weibliche Geschlecht zeitiger und auf einer frühern Stufe zum Stillstand kommt.

C. Körperconstitutionen.

586. Allgemeine Eigenschaften.

Man unterscheidet als die beiden Gegensätze in der Entwickelung der »Körperkraft«, die starke, kräftige Constitution gegenüber der schwächlichen, und zwischen diesen die Mittelzustände, welche, der Mehrzahl der Individuen eigen, allmälig in jene Extreme übergehen. Bei dieser Classification sind massgebend: 1) die quantitativ bestimmbare Leistungsfähigkeit der Muskeln und 2) ein Complex von, jedoch nur zum Theil messbaren Eigenschaften, die sich im Allgemeinen charakterisiren durch den Grad der Widerstandsfähigkeit der Individuen gegen äussere und innere, d. h. im Körper selbst liegende, Einflüsse. Je kräftiger nämlich ein Organismus, desto weniger ist er abhängig von Aussen, in desto geringerem Grade werden seine Funktionen verändert, wenn er unter andere Verhältnisse kommt und desto weiter wird die Sphäre, innerhalb welcher er normal oder überhaupt noch funktioniren kann.

Die Eigenschaften der Constitution sind übrigens keineswegs unveränderlich, dem Individuum unbedingt anhaftend; schwächliche Kinder können später

kräftige Knaben und umgekehrt starke Kinder schwächliche Männer werden. Die Constitution — es ist hier nur von innerhalb des gesunden Lebens sich bewegenden Verhältnissen die Rede — verbessert sich übrigens während des Wachsthums häufiger, als dass sie sich verschlechtert. Der nach der Pubertätsentwickelung erreichte Zustand ist meist massgebend für eine längere Lebensperiode.

Die Einflüsse der Constitution reichen so weit und tief, dass sie eine Menge, zum Theil selbst sehr wirksamer, anderweitiger Momente zurückdrängen können; das durchschnittlich schwächere Weib z. B. übertrifft in seinen kräftigen Individuen den mittleren Mann; der robuste Greis den Vierziger der Durchschnittsconstitution u. s. w.

587. Muskelthätigkeiten.

Die Muskeln des schwächlich Constituirten bieten, auch in ihrem Normalzustand, mehr oder weniger die Charaktere des mässig ermüdeten Muskels. Die Muskulatur des Schwachen ist überhaupt reizempfänglicher und namentlich psychischen Einflüssen viel mehr zugänglich; sie geräth leicht in Zittern, Erschlaffung u. dgl. Schläge der Inductionsmaschine, welche den normalen Muskel nur wenig anregen, rufen starke und ausgebreitete Wirkungen hervor; Reflexbewegungen sind in Schwächlichen sehr häufig.

Sinnesreize afficiren den Schwachen mehr als den Starken: auch sind viele Gemeingefühle in Ersterem ungleich lebhafter (sog. nervöse Constitution der Pathologen).

Der mechanische Effekt des Schwächlichen ist gering, seine Muskeln ermüden leicht und das Ermüdungsgefühl hört später auf; daher kann es nicht auffallen, dass Schwächliche häufig eine geringere Willenskraft zeigen als Menschen starker Constitution. Die Muskeln des Schwächlichen zeigen schmälere Primitivfasern, sie sind blass, schlaff, wenig voluminös, ihr Stoffwechsel und ihre elektromotorischen Kräfte sind geringer. Die Knochen sind leichter und haben weniger entwickelte Muskelansätze. Daher sind im Allgemeinen auch die kräftigeren Menschen die schwereren, obschon es bekanntlich nicht wenige Ausnahmen gibt.

588. Vegetative Funktionen.

Kräftige Menschen haben durchschnittlich einen absolut intensiveren Stoffwechsel und einen tieferen, ruhigeren, erquickenderen Schlaf als Schwächliche. Der Appetit ist stark und auf nahrhafte, derbe Kost gerichtet, die Verdauung kräftig und rasch, der umfängliche Magen hat eine stark entwickelte Muskulatur. Abweichungen der proportionalen Blutmenge sind nicht bekannt, übrigens auch nicht wahrscheinlich. Das Blut hat ein hohes specifisches Gewicht, ist reich an festen Bestandtheilen namentlich Körperchen, seine Farbe ist gesättigter und dunkler, der specifische Blutgeruch stärker, die Gerinnung erfolgt durchschnittlich langsamer. Die Arterienlumina sind gross, der Puls selten, aber gross, und durch Verdauung, Bewegung u. s. w. weniger veränderlich als im

Schwächlichen. Der arterielle Blutdruck ist höher, Colin fand ihn in kräftigen Pferden fast doppelt so gross als in schwachen. Wohlgenährte saftreiche Thiere entleeren aus angeschnittenen Lymphstämmen mehr Lymphe als magere.

Der Kräftige athmet tiefer, oft auch etwas seltener; die Vitalcapacität seiner Respirationsorgane ist viel beträchtlicher als im Schwächlichen; auch bildet er grössere Mengen von Respirationsprodukten; seine Wärmeentwickelung ist grösser; er friert weniger leicht. Die Perspiration, namentlich auch die Neigung zur Schweissbildung, ist stärker, die Cutis derber und der Haarwuchs, besonders im männlichen Geschlecht, entschieden stärker. Der Urin ist reicher an festen Bestandtheilen und kann in der, minder reizbaren, Blase längere Zeit zurückgehalten werden. Das Zeugungsvermögen ist grösser und Geburt, Lactation u. s. w. greifen einen robusten Körper verhältnissmässig nur wenig an; auch wird in letzterem die Milch kopiöser und reicher an festen Bestandtheilen secernirt.

D. Wuchs und Körpergewicht.

589. Schwankungen beider Werthe.

In proportionirt gebauten erwachsenen Individuen verhalten sich die Extreme des Körpergewichts etwa wie 1 zu $2\frac{1}{2}$ bis höchstens 3, diejenigen der Körperlänge aber bloss wie 1 zu $1\frac{1}{3}$ oder höchstens $1\frac{2}{5}$.

100 erwachsene, sonst proportionirt gebaute Männer (Englands) bieten folgende Körperlängen nach Hutchinson:

bis 5 Fuss engl.	0,7 Procent	5. F. 6 Z. bis 5. 7 Z.	15,0 Procent
5. F. 0 Z. bis 5. F. 1 Z.	0,5	5. 7 » 5. 8	21,5
5. 1 » 5. 2	1,5	5. 8 » 5. 9	17,0
5. 2 » 5. 3	1,5	5. 9 » 5. 10	10,5
5. 3 » 5. 4	3,0	5. 10 » 5. 11	6,0
5. 4 » 5. 5	4,5	5. 11 » 6. 0	5,5
5. 5 » 5. 6	9,0	über 6 Fusse	gegen 5

590. Beziehungen zwischen Wuchs und Körpergewicht.

Mit zunehmender Länge steigt auch das Körpergewicht, eine Norm, die sowohl für das individuelle Wachsthum, als für Erwachsene verschiedenen Wuchses gilt. Hutchinson und Brent geben für die männliche Bevölkerung Englands folgende Tabelle. Die Kleider sind mitgerechnet, etwa $\frac{1}{18}$ des Gesammtgewichts.

Körpergrösse in engl. Zollen	Körperschwere in Pfunden	Körpergrösse in engl. Zollen	Körperschwere in Pfunden
61	120	67	148,4
62	126	68	155
63	133	69	162
64	138,6	70	168,6
65	142	71	174
66	144,6		

Demnach steigt bei einer Zunahme der Körperlänge um 1 Zoll das Gewicht annähernd um $6\frac{1}{2}$ Pfunde, mit (ob zufälliger?) Ausnahme der Längen zwischen 5′ 4″ bis 5′ 7″, wo die Zunahme bloss etwa $3\frac{1}{3}$ Pfunde beträgt.

Die Beziehungen zwischen Wuchs und Körpergewicht der Erwachsenen sind noch nicht exact festgestellt. Die Gewichte symmetrischer Körper verhalten sich wie die Cuben eines ihrer Durchmesser, also müsste z. B. wenn 67 Zoll hohe Menschen durchschnittlich 148,44 Pfunde wiegen, das mittlere Körpergewicht der 69 Zoll grossen $\frac{69^3 \times 148{,}44}{67^3} = 162$ Pfunde betragen (s. obige Tabelle). Diese strenge Proportionalität besteht aber nicht durchgängig und die gedrungeneren Personen sind bekanntlich die verhältnissmässig dickeren. Nach Hutchinson verhalten sich die Gewichte nicht wie die dritten, sondern bloss wie die 2,7 Potenzen, nach Quetelet sogar nur wie die zweiten Potenzen der Körperlängen.

Ueber die Beziehungen zwischen Körperwuchs und Muskelkraft fehlen statistische Erfahrungen; man darf vermuthen, dass die Muskelkraft steigt 1) in Gleichgrossen derselben Altersklasse mit zunehmender Dicke (also wachsenden Muskelquerschnitten); 2) mit zunehmender Körpergrösse (weil auch die Dicke steigt), möglicherweise jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze, jenseits welcher sie wieder abnimmt.

591. Pulsfrequenz.

Grosse Säugthierspecies bieten einen seltenen, Species von kleiner Statur einen häufigeren Puls. Grössere Menschen haben einen selteneren Puls als kleinere derselben Altersklasse (Bryan Robinson, Rameaux). Mit andern Worten, die Pulsdauer wächst mit zunehmender Körperlänge und zwar für 1 Decimeter um etwa 3 Hunderttheile einer Sekunde, d. h. etwa um $\frac{1}{20}$ einer mittleren Pulsdauer, eine Norm, welche auch für den Erwachsenen gilt. Volkmann gibt folgende Tabelle, die nur wenige (zufällige) Ausnahmen von der allgemeinen Regel bietet; die 8—9 niedersten Rubriken enthalten selbstverständlich fast nur Unausgewachsene.

Körperlänge in Centimentern.	Pulsfrequenz in 1 Minute.	Dauer eines Pulses in Sekunden.
50—60	139,8	0,43
60—70	126,6	0,47
70—80	116,5	0,52
80—90	110,9	0,54
90—100	106,6	0,56
100—110	101,5	0,59
110—120	93,6	0,64
120—130	92,2	0,65
130—140	87,7	0,68
140—150	85,1	0,71
150—160	77,8	0,77
160—170	73,2	0,81
170—180	71,9	0,83
180—190	72,5	0,83
190—200	73,4	0,82
über 200	71,2	0,84

592. Blutgeschwindigkeit.

Die Kreislaufszeiten nehmen in Thieren derselben Art bedeutend zu mit Zunahme des Körpergewichts und der Körperlänge (Vierordt).

Körpergewicht (von Hunden) in Kilogr.	Körperlänge in C. M.	Dauer eines Blutumlaufes in Sekunden.	Puls-frequenz.	Pulse auf einen Kreislauf in der Jugularisbahn.
a) 1,8	42	10,44	140	24,3
b) 6,8	55	14,28	85	20,2
c) 8,8	60	15,66	105	27,4
d) 22,5	73	19,37	114	36,6

Die auf einen Blutumlauf fallenden Pulse nehmen zu mit zunehmendem Körpergewicht (bloss Rubrik b macht eine zufällige Ausnahme), d. h. das Verhältniss der mittelst einer Ventrikelsystole ausgetriebenen Blutmasse zur Gesammtblutmenge des Körpers nimmt ab mit zunehmender Länge und Schwere des Körpers.

Ferner ist in Thieren kleiner Statur die arterielle Stromgeschwindigkeit beträchtlich höher als in grösseren Thieren derselben Art, sowie durch erstere eine viel bedeutendere Blutmasse circulirt als durch gleiche Gewichtstheile grosser Thiere (Vierordt). Die nachfolgenden Vergleichsversuche a und a′ beziehen sich auf die Carotis, b und b′ auf die A. cruralis von Hunden.

Körpergewicht in Kilogr.	Körperlänge in C. M.	Pulsfrequenz.	Sekundengeschwindigkeit des Blutes in Millim.	Durchflussmenge während 1 Sekunde in Grammen: absolute	Durchflussmenge während 1 Sekunde in Grammen: für 1 Kilogr. Körpergewicht.
{a 17,6	86	91	241	3,51	0,20
{a′ 8,0	66	100	274	2,47	0,31
{b 10,2	63	119	137	1,07	0,10
{b′ 6,9	61	93	164	1,30	0,18

Erwachsene Individuen kleiner Statur empfangen also für die Körpergewichtseinheit viel mehr Blut als Individuen grösserer Statur.

593. Athmen.

Zwischen der Körperlänge einerseits und der Entwickelung des Brustkorbes und der Athmungswerkzeuge andererseits besteht eine durchschnittliche Proportionalität. Grosse Menschen haben geräumigere Lungen, einen grösseren Kehlkopf, breitere und längere Stimmbänder und eine tiefere und stärkere Stimme. Die Körperlänge ist von beträchtlichem Einfluss auf den Luftgehalt der Athmungswerkzeuge. Die Vitalcapacität steigt nach Hutchinson im Erwachsenen für je 1 Centimeter Körperlänge um etwa 60 Cub. Cent. Met. (bei Frauen weniger, etwa um 40).

Folgende Tabelle gibt Durchschnittswerthe der Messungen einiger Spirometriker.

Körperlänge in C. M.	Vitalcapacität in C. C. M.
154,5—157	2635
157 —159,5	2841
159,5—162	2982
162 —164,5	3167
164,5—167	3287

Körperlänge in C. M.	Vitalcapacität in C. C. M.
167 —169,5	3484
169,5—172	3560
172 —174,5	3634
174,5—177	3884
177 —179,5	3842
179,5—182	4034
182	4454

Menschen kleiner Statur athmen häufiger, aber weniger tief als grosse. Die absolute Intensität des respiratorischen Gaswechsels ist in ersteren geringer, die relativen (auf die Körpergewichtseinheit bezogenen) Mengen der Respirationsprodukte aber grösser als in Hochgewachsenen und Schweren. Ausser den 584 erwähnten Versuchen Scharling's sind noch die Ergebnisse Andral's und Gavarret's an männlichen Versuchspersonen anzuführen.

Alter in Jahren.	In einer Stunde ausgeathmeter Kohlenstoff in Grammen. Mittelmässige.	Gute.	sehr starke Entwickelung.
11 u. 12	7,4	7,6	8,3
24—28	11,2	12,1	14,1
31—40	10,7	11,4	12,1
41—50	9,5	10,6	—
51—60	10,0	—	12,1
63—68	9,1	—	12,4
76	6,0	—	—
92	—	—	8,8

594. Stoffwechsel im Ganzen.

Die Erfahrungen über die Intensität einiger Erscheinungen des Blutkreislaufes und der Respiration erlauben wohl den verallgemeinernden Ausspruch: die absolute Intensität des Stoffwechsels ist in hochgewachsenen und schweren Individuen grösser als in kleinen und leichten, während die relative Grösse des Stoffwechsels sich umgekehrt verhält. Systematische Zusammenstellungen über die Zufuhren überhaupt, die Harnbildung u. s. w. fehlen allerdings noch; doch lehrt die gewöhnliche Erfahrung, dass durchschnittlich mittelgrosse Individuen einen verhältnissmässig bessern Appetit haben als grosse und schwere. Die Resorption ist in letzteren langsamer; nach Kaupp's Versuchen an Kaninchen treten nach Einverleibung von Strychnin sowohl die ersten Symptome, als der Tod in leichteren Thieren viel früher ein als in schwereren, mit gleichen Dosen Gift behandelten. Erstere starben durchschnittlich nach 14, letztere erst nach 23 Minuten.

Der manometrisch bestimmbare maximale Exspirationsdruck steigt nach Hutchinson mit zunehmender Körperlänge, wenn auch nicht stetig und regelmässig, doch so, dass bei hohen Staturen keine obere Grenze der Werthe eintritt.

595. Generative Verrichtungen.

Mütter von höherem Körpergewicht bringen durchschnittlich schwerere Kinder zur Welt; auch nehmen die Annexaltheile des Embryo (Fruchtwasser,

Nachgeburt) mit steigendem Körpergewicht zu. Gasser belegt die erstere Behauptung mit folgender statistischen Tabelle:

Gewicht in Kilogrammen.	
Gebärende.	Kind.
75—80	3,68
70—75	3,54
65—70	3,42
60—65	3,26
55—60	3,20
50—55	2,99
45—50	2,83

Auch der gesammte Körpergewichtsverlust während des Wochenbettes steht ungefähr in geradem Verhältniss zum Körpergewicht, wogegen letzteres keinen Einfluss äussert auf die Zeitdauer der Geburt (Gasser).

596. Fettgehalt des Körpers.

Von allen Bestandtheilen des Körpers ist das Fett bei Weitem der wechselndste. Unter den allgemeinen Bedeckungen bildet das Fett eine nur an wenigen Stellen (Ohr, Scrotum, Penis) unterbrochene Schicht (Panniculus adiposus). Von der Entwickelung des Panniculus adiposus hängt die Abrundung der Körpertheile vorzugsweise ab. Fette Menschen haben eine glatte und glänzendere, magere dagegen eine rauhere und häufig auch dunklere Haut; der Haarwuchs ist bei Mageren bevorzugt, sie sind durchschnittlich bärtiger und auch weniger zur Kahlköpfigkeit geneigt. Das Fettpolster der Haut mindert die Gewalt und Heftigkeit der Stösse und ist desshalb besonders wichtig an den Stellen, die, wie Hand, Fusssohle und Gesäss, dem Drucke vorzugsweis ausgesetzt sind. Das Wärmeleitungsvermögen des Fettes ist gering; desshalb trägt das Fettpolster dazu bei, den Wärmeverlust des Körpers auf dem Wege der Wärmestrahlung der Haut zu vermindern; der grössere Fettreichthum der Thiere während des Winters ist für die Wärmeökonomie des Organismus von Bedeutung.

Fettärmere, im Uebrigen aber kräftige Menschen haben durchschnittlich einen stärkeren Appetit, überhaupt einen, absolut und relativ zum Körpergewicht intenseren Stoffwechsel als fettreiche kräftige Individuen. Fette Menschen sind durch ihren minder lebhaften Stoffwechsel befähigt, den Hunger besser zu ertragen, und diess um so mehr, als beim Nahrungsmangel der Umsatz gerade der Körperfette eine besondere Rolle spielt. Beim Hungern sinkt die Körperwärme in mageren Thieren rascher als in fetten (Colin). Fettleibige besitzen nach Valentin und Panum relativ weniger Blut als Magere; in letzteren scheint die Pulsfrequenz etwas höher zu sein. Zur Intensität der Respiration steht der Fettreichthum des Körpers in einem nicht zu läugnenden Gegensatz; die Wasserthiere sind durchschnittlich fettreicher als die lebhafter athmenden Luftthiere; magere Thiere verzehren nach Regnault mehr Sauerstoff als fette; auch mindert stärkere Fettleibigkeit die Vitalcapacität des Re-

spirationsapparates. Magere kommen beim schnellen Gehen, bei Muskelanstrengungen u. s. w. weniger leicht ausser Athem als Fette. Fette Thiere bilden, nach den an Gallenfisteln gewonnenen Erfahrungen, weniger Galle (Bidder und Schmidt) und viel weniger Lymphe (Schwanda, Nasse) als fettarme, im Uebrigen aber muskelstarke, Thiere. Magere Menschen bilden mehr Urin, auch haben sie im Allgemeinen ein grösseres Bedürfniss zum Trinken. Die Muskeln magerer kräftiger Individuen sind derber als bei Beleibteren; höhere Grade von Fettleibigkeit beeinträchtigen entschieden die Muskelkraft. Das Schlafbedürfniss ist in Mageren geringer. Der Antagonismus zwischen Genitalfunktionen und Fettgehalt des Körpers zeigt sich auch darin, dass fette Frauen minder fruchtbar und mit sparsamerem Menstrualfluss begabt sind.

E. Temperament.

597. Eintheilung.

I. Phlegmatisches Temperament. Die Disposition zu gemüthlichen Erregungen ist nicht gross, die betreffenden Reaktionen erfolgen gemessener, langsamer und unmerklicher, die Affekte halten sich innerhalb engerer Schranken. Die Strebungen sind weniger heftig, zum Theil selbst minder beharrlich. Die eigenen körperlichen Leiden werden mässig empfunden und geduldig ertragen. Der Phlegmatiker ist weder vorherrschend zur Lust oder Unlust, noch überhaupt zu starken und heftigen Förderungen oder Beeinträchtigungen seines Selbstgefühls disponirt; tiefe und erschütternde Genüsse kennt er nicht; ja er bietet, indem er sich selbst und der Aussenwelt gegenüber ruhiger und objectiver verhält, sogar den Anschein einer geringeren geistigen Lebhaftigkeit überhaupt. Das phlegmatische Temperament kann desshalb auch als das ungemüthliche, ruhige oder objective bezeichnet werden.

II. Das melancholische Temperament ist Gefühlsregungen sehr zugänglich, indem die Empfindungen, Wahrnehmungen und Vorstellungen in ihm zu Ausgangspunkten nachhaltiger gemüthlicher Stimmungen werden. Desshalb nennt Lotze dieses Temperament das sentimentale; man könnte es auch als das vorzugsweis subjective bezeichnen. Zustände gemüthlicher Depression können übrigens anhaltender und äusserlich ruhiger von uns behauptet werden, als diejenigen entgegengesetzter Art; desshalb ist das, eben durch die Nachhaltigkeit seiner Stimmungen ausgezeichnete Temperament immerhin mehr zur Unlust als zur Lust disponirt. Die vorwaltend gemüthliche Antheilnahme, welche den Melancholiker im Gegensatz zum Phlegmatiker bringt, hemmt übrigens seine Strebungen, wenn nicht an Beharrlichkeit, aber doch an Kraft, und macht ihn zu einem verschlossenen, äusserlich ruhigen Menschen und zwar um so mehr, je stärker die Stimmungen beeinträchtigten Selbstgefühls vorwalten; andererseits ist aber auch dieses Temperament, wie Lotze

so wahr bemerkt, die Basis, auf der ein grosser Theil des edelsten Geisteslebens beruht.

III. Der Sanguiniker ist gemüthlich leicht erregbar, seine vorwaltenden Grundstimmungen sind Gefühle der Lust. Die Erregungen sind zwar momentan stark und von intensiven mimischen Bewegungen begleitet, aber andererseits wenig nachhaltig und leicht wechselnd. Die entschieden grössere gemüthliche Lebhaftigkeit, die selbst auf andere psychische Vermögen nicht ohne Einfluss ist, beeinträchtigt wegen ihrer geringen Stabilität die Stärke der Stimmungen mehr oder weniger. Der Sanguiniker ist, weil er Erregungen und Genüsse sucht und vielfach uninteressirten, wenn auch nicht tiefgehenden Antheil nimmt für Andere, ein liebenswürdiger, überall ansprechender, aber auch, insofern er gern wechselt in Neigungen, Ansichten und Entschlüssen, wenig zuverlässiger Mensch.

IV. Der Choleriker ist ebenfalls leicht erregbar, die Erregungen sind stark und nachhaltig, sowie von deutlichen mimischen Bewegungen begleitet. Die vorwaltende Stimmung ist die des gehemmten Selbstgefühls, der Unlust. Die Strebungen sind beharrlich und im Vergleich zu andern Temperamenten leidenschaftlicher. Dieses Temperament, das als das heftige vorzugsweis bezeichnet werden kann, bildet vermöge seiner gemüthlichen Grundstimmung und seiner intensiven Strebungen einen grellen, in den socialen Beziehungen ganz besonders hervortretenden, Gegensatz zum sanguinischen; aber die leichte Antheilnahme an Eigenem wie Fremdem und die Beharrlichkeit und Thatkraft des Strebens befähigen andererseits den Choleriker zu Erfolgen, welche den anderen Temperamenten häufig versagt sind.

598. Somatische Beziehungen der Temperamente.

In Menschen, welche zu gemüthlichen Erschütterungen disponirt sind, können die vegetativen Funktionen unmöglich denselben durchschnittlichen Ablauf zeigen, wie in Gemüthsruhigen, und so mag immerhin in der Mehrzahl der Phlegmatiker der Stoffwechsel ruhiger und gleichmässiger, die Blutcirculation langsamer, die Muskelthätigkeit gemessener, und die Disposition zur Fettansammlung stärker als im Choleriker sein. Die vorwiegende Grundstimmung der Lust muss beim Sanguiniker die Stärke des Stoffwechsels überhaupt, den Umsatz und die Leistungen der Muskeln, die Receptivität für Sinneseindrücke mehr oder weniger fördern und auf alles Mimische und Physiognomische anders wirken als die entgegengesetzten Stimmungen des Melancholikers. Bestimmte Strebungen endlich werden, je nach ihrer Qualität und Energie, das Muskelsystem bald so, bald anders beeinflussen. Aber das alles schliesst zahlreiche Ausnahmen nicht aus, die durch nicht bestimmbare individuelle Einflüsse, namentlich durch eine gegenseitige Accommodationsfähigkeit bedingt sind, vermöge welcher z. B. die leiblichen Funktionen oft wiederholten psychischen Bewegungen gegenüber nach und nach unabhängig werden können.

Fragen wir aber nach Abhängigkeitsverhältnissen der Temperamente vom Körper, so tritt uns ein vollständiger Mangel sicherer Thatsachen entgegen. Die alte griechische Medicin freilich leitete die einzelnen Temperamente, wie schon deren Namen besagen, geradezu ab von bestimmten im Organismus angeblich vorwaltenden Säften, Phantasieen, die höchstens noch von Denen beachtet werden, welche dieselben als Handhaben gegen die Temperamentenlehre überhaupt benützen möchten. J. Müller sagt mit Recht: »Es sind nicht gerade aus dem Vorwiegen eines der organischen Systeme die geistigen Eigenschaften der Temperamente abzuleiten. Denn die Muskelkraft ist weit entfernt cholerisch zu machen und das phlegmatische Wesen kommt bei gut vegetirenden und schlecht vegetirenden vor. Nicht alle Wohlgenährte und Dickbeleibte sind phlegmatisch, es gibt sehr hagere Menschen genug von entsetzlichem Phlegma und cholerische von wohlgenährter, hagerer, muskulöser und zarter Beschaffenheit und ebenso sanguinische.« Aber er geht zu weit, wenn er psychische Abhängigkeiten der Art nahezu gänzlich verwirft.

599. Allgemeine Charakteristik der Temperamente.

Die Lehre von den Temperamenten hat die verschiedensten Auffassungen erfahren, wobei ihr, dem Wesentlichsten nach richtiger, Inhalt nicht selten bis in's Unkenntlichste entstellt worden ist. Dem subjectiven Belieben war hier Alles gestattet, sodass die ganze Doctrin von vielen Neueren, freilich mit Unrecht, aufgegeben wurde. Joh. Müller definirt die Temperamente als bestimmte, den Individuen dauernd anhaftende Zustände und Modi der Wechselwirkungen zwischen Seelischem und Körperlichem, die sich kund geben sowohl durch die Stärke und Richtung der psychischen Gefühle, welche die Empfindungen, Gemeingefühle und Vorstellungen (als Gemüthsbewegungen, Affekte u. dgl.) begleiten, als auch durch die Art und Weise der Dispositionen zu Strebungen. Die Temperamente bieten somit eine passive, receptive, und eine aktive Seite. Obschon sie mit den moralischen Richtungen der Charaktere nicht näher zusammenhängen, auch nicht direkt mit der Stärke der intellektuellen Vermögen, so enthalten sie doch begünstigende und hemmende Momente genug, welche auf die Entfaltung auch jener Seiten des psychischen Lebens von Einfluss sind. Vor Allem betont J. Müller, dass in jedem Temperament eine gewisse Intensität des geistigen Lebens möglich ist, wenn auch hier etwas mehr nach dieser, dort mehr nach jener Richtung. Der Phlegmatiker z. B., dieses Stiefkind der früheren subjectiven Temperamentenlehre, ist kein geistesfauler Mensch mit langsam dahin sich schleppenden Vorstellungen, er vermag ebenso intensiv zu denken, wie der Melancholiker und Choleriker, und gerade die Gemüthsneutralität, die ihm eigen ist, macht ihn zu einem objectiven, im Handeln sicheren, zuverlässigen Menschen, der bei entsprechenden geistigen Anlagen die heftigeren und unruhigeren Temperamente in Vielem zu übertreffen im Stande ist.

XXIX. Von Einzelfunktionen abhängige Körperzustände.

A. Constitutionelle Wirkungen der Muskelthätigkeit.

600. Blutlauf.

Geringe Thätigkeit der Muskeln auch nur einer Extremität, ja schon die Kaubewegung, beschleunigt den Puls ein wenig und zwar in Schwächlichen mehr als in Robusten. Schreien und lebhafte Bewegungen können die Pulsfrequenz des Säuglings um $^1/_3$ steigern. Mässige Körperbewegung vermehrt den Puls sogleich um etwa 10—20, länger fortgesetzte um 30 Schläge in der Minute; starkes Laufen erhöht die Pulszahl auf das Doppelte bis selbst Dreifache der Norm. Während der Körperbewegung nimmt auch die Grösse des Pulses zu, jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze, indem bedeutende Anstrengungen die Contractionsgrösse des Herzens wiederum vermindern, weil zugleich die von den Kammersystolen zu überwindenden Widerstände (Blutdruck) im Arteriensystem erheblich zugenommen haben. Die Muskelanstrengung ist somit (vorausgesetzt dass das Athmen nicht zu beschwerlich wird) begleitet von einer stärkeren Füllung des Arteriensystems auf Kosten des venösen Blutvorrathes, wogegen der Ruhezustand zu dem entgegengesetzten Verhältniss der Blutvertheilung führt. Die Körperbewegung vermehrt die in der Zeiteinheit umgetriebenen Blutmassen und vermindert die Dauer der Kreislaufszeit und zwar selbst in der, auf die Bewegung unmittelbar folgenden, durch das Versuchsverfahren bedingten Ruhezeit.

Hering erhielt an einem Pferde in der Ruhe, bei 36 Pulsen und 8 Athemzügen in 1 Minute, eine Kreislaufsdauer (in der Jugularisbahn) von 22,5 Secunden; unmittelbar nach vorhergegangenem Herumtreiben im Trabe sank dagegen die Kreislaufszeit auf 17,5 Secunden, während die Puls- und Athemfrequenzen auf 100 und 24 gestiegen waren.

601. Athmen und Perspiration.

Die Körperbewegung steigert das Athembedürfniss bedeutend; desshalb können wir nur in der Ruhe, nicht aber im angestrengten Zustand, den Athem etwas anhalten. Die Füllung der Lungen mit Luft nimmt, sammt der Zahl und Tiefe der Athemzüge zu. Beim langsamen Gehen vollführen wir etwa 18, beim schnellen 30 Athemzüge in der Minute; Laufen, schnelles Steigen und sonstige heftige Körperanstrengungen können dieselben auf 70, ja 100 und noch mehr heben. Zur Messung der ausgeathmeten Luftmenge und der Kohlensäure benützte Smith einen tragbaren Apparat, der freilich viel zu hohe absolute Werthe ergab, immerhin die Aufstellung von unter sich vergleichbaren Zahlen

gestattet. Wird das Volum der geathmeten Luft im ruhigsten Zustand, d. h. bei horizontaler Lage des Körpers = 1 gesetzt, so hat man für das Sitzen 1,18 — lautes Lesen 1,26 — aufrechte Stellung 1,33 — langsames Gehen — 1,9 — sehr schnelles Gehen, d. h. fast 1 Meile in 1 Zeitstunde, 4,0 — Laufen 7. Auch die Belastung des Körpers erhebt die geathmete Luftmenge bedeutend.

Die Sauerstoffaufnahme ist während der Körperbewegung sehr gesteigert (s. 602 Tabelle). Nach Prout wird die % Kohlensäure der Ausathmungsluft am Anfang mässiger Bewegung vermehrt, bei heftiger Bewegung aber gemindert. Nach Smith ist die Kohlensäureausscheidung beim rüstigen Gehen über 2½ mal stärker als in der Ruhe. Pettenkofer und Voit erhielten, bei einem gesunden Mann und gewöhnlicher Kost, während ruhiger Lebensweise 832 Gramme, bei ziemlich starker Arbeit 980 Gramme Kohlensäure in 24 Stunden. Während der Muskelarbeit ist die Kohlensäureausscheidung im Verhältniss zur Sauerstoffaufnahme grösser als in der Körperruhe. Die allgemeinen Bedeckungen werden während der Muskelthätigkeit blutreicher und wärmer; die Perspiration der Cutis nimmt bedeutend zu; stärkere Körperbewegung, namentlich in warmer Luft, veranlasst reichliches Schwitzen; auch die Kohlensäureabgabe der Haut nimmt etwas zu (A. Gerlach). Der gesammte gasförmige Körpergewichtsverlust kann in angestrengten Arbeitsstunden 4—5mal grösser sein als in der Ruhe. Das auf Haut und Lungen abdunstende Wasser beläuft sich unter mittleren Verhältnissen zusammen auf 990 Gramme täglich; bei ziemlich angestrengter Arbeit erhielten Pettenkofer und Voit über 1700 Gramme.

602. Körperwärme.

Während der Körperbewegung nimmt die Wärmebildung bedeutend zu. Aus Hirn's Calorimeterversuchen (261) ergeben sich im Endmittel folgende Wärmemengen. Sämmtliche Zahlen sind auf eine Stunde berechnet.

	Alter. Körpergewicht.	Ruhe. Sauerstoffabsorption in Grammen.	Ruhe. Calorien.	Bewegung. Sauerstoff in Grammen.	Bewegung. Calorien.	Bewegung. Geleistete Arbeit in Kilogr. Metern.
Mann	42 J. 63 Kilo.	27,7	149000	120,1	275000	22980
Mann	42 J. 85 K.	32,8	180000	142,9	312000	34040
Mann	47 J. 73 K.	27,0	140000	128,2	229000	32550
Mann	18 J. 52 K.	39,1	165000	100,0	274000	22140
Weib	18 J. 62 K.	27,0	138000	108,0	266000	21630

Ueber die Temperatur des thätigen Muskels s. 87. Den meisten Beobachtern zufolge nimmt die Temperatur des Gesammtkörpers während irgend stärkerer Muskelthätigkeit um ⅓ bis selbst ¾ ° C. zu (J. Davy). Bezüglich

vereinzelter entgegenstehender Erfahrungen ist noch eine nähere Feststellung der Ausnahmsbedingungen von der Regel zu erwarten. Ueberanstrengung dürfte die Körpertemperatur mindern.

Die Temperaturzunahme der Körperoberfläche während der Bewegung erleichtert die Abgabe der strahlenden Wärme, während das stark vermehrte Hautwasser den von der Verdunstung abhängigen Wärmeverlust begünstigt. Die allgemeinen Bedeckungen stellen somit wichtige Ausgleichungsmittel dar, welche den Körper auf annähernd gleicher Temperatur erhalten. Da die Haut im Ruhezustand verhältnissmässig am niedersten temperirt ist, so erfährt sie, wie überhaupt die äusseren Theile des Körpers, die grösste Temperaturzunahme während der Körperbewegung und die letztere hat somit die Wirkung, die Körperwärme gleichmässiger zu vertheilen.

603. Verdauung und Harnbildung.

Die stärkeren Wasserverluste durch Lungen und Haut veranlassen Durst; Hungergefühle stellen sich nach längerer Muskelthätigkeit immer ein; übergrosse Anstrengungen dagegen bringen mit der Leistungsfähigkeit der Muskeln auch die Esslust vorübergehend herunter. Die Absonderung der Verdauungssäfte erfolgt während der Bewegung reichlicher, die Darmperistaltik ist gesteigert; auch soll die Gallenabsonderung vermehrt sein. Die Aufsaugung aus dem Nahrungsschlauch und somit auch die Einwirkung der Verdauungssäfte auf das noch nicht Verdaute wird entschieden begünstigt durch die Muskelthätigkeit; desshalb sind auch die Fäces wasserärmer. Starke Körperanstrengungen können im Gegentheil die Verdauung unter Umständen stören. Die Aufsaugung in allen Körperstellen ist während der Muskelthätigkeit gesteigert; vergiftete Thiere zeigen früher toxische Symptome und sterben schneller, wenn sie zum Umhergehen genöthigt werden, als wenn sie sich ruhig verhalten.

Körperbewegung vermindert, namentlich in Folge der gesteigerten Haut- und Lungenthätigkeit, die Harnmenge; fortgesetzte Bewegung, namentlich in warmer Luft, macht den Harn sparsam, hochgefärbt und gesättigt. Die Harnstoffausscheidung ist in der Regel nur wenig gesteigert (s. 75); die bei der Muskelanstrengung vorhandene Minderung der Harnmenge mindert an sich schon die Harnstoffausscheidung aus den Nieren.

Mässige Bewegung mindert, starke dagegen vermehrt die Harnsäure nach Speck um's Zweifache und darüber. Auch die Chloride und Sulphate, ganz besonders aber die Phosphate werden vermehrt, vorausgesetzt, dass kein reichlicher Schweiss stattfindet, welcher namentlich das Chlornatrium zum Theil durch die Haut ausführt.

604. Nachwirkungen der Muskelthätigkeit.

Der auf die Muskelthätigkeit folgende Ruhezustand bietet manche Eigenthümlichkeiten und zwar schon dann, wenn die Thätigkeit nur eine kurze und

mässige war. Diese Nachwirkungen sind aber nur wenig studirt worden; es versteht sich, dass sie von der Dauer, Art und Stärke der vorangegangenen Muskelbewegung abhängen.

Nach vorübergehender mässiger Muskelthätigkeit soll nach Nick die Pulsfrequenz um wenige Schläge sinken; nach etwas stärkerer Bewegung dagegen bleibt der Puls einige Zeit frequenter; der ermüdete Körperzustand nach starkem Gehen kann sogar von einer, mehrere Stunden dauernden, erheblichen Pulsvermehrung begleitet sein, die noch am folgenden Tag durch eine Erhöhung um 2—6 Schläge sich geltend machen kann (Nick), wogegen die vermehrte Athmungsfrequenz sich viel schneller beruhigt (Ghert). Die Ausathmungsluft ist nach der Bewegung etwas höher temperirt. In der auf eine mässige Bewegung unmittelbar folgenden Stunde ist der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft ein wenig, das geathmete Luftvolum und die absolute Kohlensäure um etwa $^1/_{20}$ höher, als wenn die Bewegung nicht stattgefunden hätte (Vierordt). Auch Speck fand, dass die Beschleunigung des Stoffwechsels nicht unmittelbar nach der Anstrengung aufhört. Nach heftiger Bewegung aber sinkt der Kohlensäuregehalt der Ausathmungsluft beträchtlich (Prout). Nach körperlichen Anstrengungen friert man leichter; dabei soll die Eigenwärme nicht tiefer, ja oft selbst höher stehen. Nach Anderen erreicht jedoch die Temperatur schnell wieder den gewöhnlichen Stand. Auch die Harnstoffausscheidung ist noch etwas gesteigert (Speck); Andere, z. B. Smith erhielten erst nach der Arbeitszeit eine (mässige) Vermehrung des Harnstoffs (75).

Einige Stunden fortgesetzte und starke Muskelanstrengungen veranlassen stundenlange und eingreifende Nachwirkungen, welche im Allgemeinen dadurch charakterisirt sind, dass an die Stelle der vorausgegangenen bedeutenden Steigerung ein entsprechendes Sinken der Verrichtungen tritt; ausser der von selbst sich verstehenden starken Minderung der Leistungsfähigkeit der Muskeln erleiden namentlich alle Funktionen des Stoffwechsels eine namhafte Herabsetzung.

Ueber den Einfluss der Muskelthätigkeit auf die nachfolgende Nachtperiode s. 647.

605. Anhaltend bewegtes Leben.

Die mit habituellen körperlichen Anstrengungen verbundene Lebensweise bietet, gegenüber dem wenig bewegten Leben, folgende Unterschiede: 1) Die erhöhten Ausgaben ermöglichen und fordern eine entsprechende Vermehrung der Zufuhren; die Verdauung ist kräftiger, das Verlangen nach derber, nahrhafter Kost grösser. Menschen mit wenig Bewegung haben einen geringeren Appetit, sie verdauen langsam und Schwerdauliches nur unvollständig; die Aufsaugung aus dem Nahrungsschlauch ist verzögert, die Fäcalentleerung erfolgt weniger regelmässig. 2) Die Muskeln sind voluminöser, blutreicher, derber, entschieden leistungsfähiger, der gesammte Ernährungszustand und das Aus-

sehen blühender als bei sitzender Lebensweise. In Zusammenhang damit stehen mannigfache Gemeingefühle, welche selbst auf die psychische Stimmung von Einfluss sind, eine Euphorie, die der wenig sich Bewegende nicht kennt, in welchem eine gewisse Reizbarkeit des Körpers und der Gemüthsstimmung ziemlich häufige Erscheinungen sind. 3) Auf den während der Muskelthätigkeit gesteigerten Stoffwechsel folgt eine beträchtliche Minderung in den Stunden der Ruhe. Die Funktionen des körperlich arbeitenden Menschen zeigen somit grosse Unterschiede ihrer Energieen im Verlauf eines Tages; daher das stärkere Schlafbedürfniss, der tiefe und ruhige Schlaf und die grössere restaurirende Wirkung desselben. 4) Der gasförmige Körpergewichtsverlust durch Lungen und Haut überwiegt bei Weitem die Urinmenge; schon bei einer mittleren Lebensweise verhält es sich umgekehrt (s. 271); bei vorwaltend ruhigem Leben aber treten die insensibelen Verluste noch mehr zurück. Wird die tägliche Harnmenge = 10 gesetzt, so ist in Tagen starker Arbeit der insensibele Verlust = 13, an vollkommen ruhigen Tagen aber nur 4 (Speck). 5) Bei bewegtem Leben ist die Fettablagerung viel geringer als beim ruhigen, auch nimmt alsdann die Menge der Synovialflüssigkeiten ab (Frerichs).

Die anderweitigen Wirkungen des anhaltend bewegten Lebens, welches eine grössere durchschnittliche Lebensdauer bietet als die mit wenig Muskelanstrengungen verbundenen Lebensweisen, können aus den frühern §§ erschlossen werden; nur sei noch erwähnt, dass die Sexualentwicklung später erfolgt bei bewegtem Leben, in welchem auch der Menstrualfluss geringer zu sein pflegt.

606. Einflüsse der Körperstellung.

Die Lage und Stellung des Körpers verändert einige Specialphänomene in auffallender Weise; vor allem die Herzbewegungen (Bryan Robinson). Nach Guy beträgt die mittlere Pulsfrequenz beim Liegen 66, Sitzen 71 und Stehen 81 Schläge. Ausnahmen von diesen Durchschnittsnormen sind freilich nicht selten; es gibt z. B. Individuen, bei welchen die Pulsfrequenz durch die Körperstellungen nicht wesentlich alterirt wird. Die Ursache der Beschleunigung bei vertikaler Stellung liegt vielleicht in einer kleinen Verschiedenheit der Form des Herzens, welche ihrerseits wieder auf die Ausgiebigkeit der Contractionen von Einfluss sein könnte; ferner in einer Zunahme der Widerstände der arteriellen Blutsäule, ganz besonders aber in der Steigerung der Muskelthätigkeit. Der Puls ist in der That frequenter, wenn man frei steht, als wenn man sich an eine Wand anlehnt.

Die Athembewegungen sind beim Liegen seltener als beim Stehen; im Neugeborenen ist dieser Einfluss besonders gross, indem derselbe bei vertikaler Körperlage etwa um 1/3 häufigere Athemzüge vollführt. In vertikaler Stellung, in welcher zudem das Respirationsbedürfniss gesteigert ist, können die Lungen sich stärker füllen. Hutchinson erhielt folgende Werthe in C. C. M. für die Vitalcapacität: beim Stehen 4264 — Sitzen 4182 — Liegen 3772. Nach Wintrich sind die Unterschiede verhältnissmässig am grössten in

minder kräftigen Menschen. Den Einfluss der Körperstellungen auf die geathmeten Luftvolume s. 601. Die Wärmeproduktion ist geringer beim Liegen und Sitzen; wir frieren dann auch viel leichter, als wenn wir stehen.

B. Der verdauende Organismus.

607. Blut und Blutlauf.

Während der Verdauung geschieht die Chylusbildung energisch; die Blutmenge nimmt ohne Zweifel erheblich zu und zwar vorzugsweis das Plasma, da die Zahl der Körperchen in einem gegebenen Volum eher abzunehmen scheint (Vierordt). Der grosse Durchmesser der Körperchen soll etwas kleiner werden, auch sollen die Körperchen unter sich stärkere Grössenabweichungen als gewöhnlich bieten (Harting). Die farblosen Körperchen verdoppeln ihr Verhältniss zu den farbigen (Moleschott). Das Blut gerinnt langsamer; der Fett-, Salz- und namentlich Eiweissgehalt des Serums, also überhaupt die % Menge der Fixa desselben, nehmen zu, ebenso der Zuckergehalt des Blutes. Der stärkere Fettgehalt kann das Serum trüblich machen. Reichliche Aufnahme von Getränken erhöht nach Einigen den Wassergehalt des Blutes vorübergehend ein wenig. Die Arterien sind grösser während der Verdauung; der der Messung am Lebenden zugängliche Durchmesser der Radialis ist von 2,3 auf 2,9 Millim. gestiegen (Aberle). Der Puls ist um 8—15 Schläge in der Minute frequenter, kräftiger, grösser und zugleich schneller. Auch im Säugling wird der Puls etwas häufiger während der Saugbewegungen; in Greisen ist die Pulszunahme geringer. Der Körper wird überhaupt saftreicher; schwellbare Organe, namentlich die Milz, gewinnen bedeutend an Volumen; das Lebergewicht steigt; die Gewebeflüssigkeit ist vermehrt, das Lymphsystem stärker gefüllt, die Lymphdrüsen sind blutreicher und grösser. Die verminderte körperliche und geistige Leistungsfähigkeit unmittelbar nach der Mahlzeit ist grossentheils Folge der schnell eintretenden Blutalteration, der stärkeren Blutzufuhr zum Gehirn und der höheren Körpertemperatur. Beim Erwachsenen macht sich das Bedürfniss der Ruhe und selbst eines kurzen Schlafes geltend.

608. Ausscheidungen.

Nicht bloss die Verdauungssäfte, sondern die Secrete überhaupt nehmen an Menge zu. Die Anfüllung des Magens hindert die Thätigkeit des Zwerchfells etwas, daher ist die Vitalcapacität des Athmungsapparates nach einer stärkeren Mahlzeit ein wenig gemindert. Aus derselben Ursache sind die Athembewegungen weniger tief, aber rascher, weshalb die geathmeten Luftvolume und der gesammte respiratorische Gaswechsel eine Steigerung erfahren. Auch die Perspiration der Haut nimmt zu. Die Körperwärme steigt etwa um $^1/_3$—$^1/_2$ C.;

sie erreicht ihr Maximum ziemlich später als der Puls; während eines Hungertags sinkt die Körperwärme um etwa $^1/_2$ ° C.

Nach der Mittagsmahlzeit werden in der Minute etwa $1^1/_5$ Athemzüge mehr vollführt, über 700 C. C. M. Luft und etwa 37 C. C. M. Kohlensäure mehr ausgeathmet. Die $^0/_0$ Kohlensäure der Exspirationsluft wird bei qualitativ und quantitativ mittlerer Kost in Erwachsenen kaum ein wenig vermehrt. Spirituosa mindern nach Prout bei leerem Magen die $^0/_0$ Kohlensäure schnell, etwa um $^1/_2$ $^0/_0$. Dieser Einfluss macht sich auch bei der Verdauung der Mittagsmahlzeit in hohem Grad geltend. 1—2 Stunden nach Aufnahme der Nahrung erhielt Vierordt folgende Werthe:

	$^0/_0$ Kohlensäure.	Vermehrung der Pulsschläge	Vermehrung der absoluten Kohlens.
Mahlzeiten mit Wein	4,2 —	17	$^1/_{10}$
» ohne Wein	4,5 —	13	$^1/_5$

Die Harnmenge nimmt zu; der Harnstoff beginnt, namentlich nach reicher Fleischkost, schon etwa 1 Stunde nach der Nahrungsaufnahme zu steigen, um mehrere Stunden über dem Durchschnittsmaass zu bleiben (645). Auch die Harnsäure ist etwas vermehrt, namentlich bei schwierigerer Verdauung und nach reichlicher Aufnahme von Spirituosen (Lehmann); die Phosphate und Sulphate nehmen ebenfalls zu, vorzugsweis bei animalischer Kost; endlich veranlasst der bedeutende Kochsalzzusatz zu den Speisen eine beträchtliche Mehrung der Chloride des Harns. Der absolute Säuregrad des Harnes (s. 243 Anmerkung) beginnt nach Roberts 1—2 Stunden nach der Nahrungsaufnahme zu sinken, so zwar dass der Urin öfters alkalisch wird; 4—5 Stunden nach dem Essen steigt der Säuregrad allmälig wieder bis zur nächsten Nahrungsaufnahme. Die höchsten Aciditätsgrade kommen desshalb bei längerem Fasten vor.

C. Menstruation.

609.

Die den Menstrualfluss begleitenden Vorgänge in den inneren Genitalien wurden in 533 betrachtet. Der Blutandrang zu den Beckenorganen, vor allem die bedeutenden, im Uterus ablaufenden Processe (659) veranlassen Gefühle von Zerren, Abwärtsdrängen und erhöhter Wärme in Beckengegend. Auch die Brüste, welche blutreicher werden und etwas anschwellen, sind öfters der Sitz leichter spannender oder stechender Sensationen.

Der Puls ist häufiger, manchmal auch unregelmässig, der Herzstoss kräftiger; die Athemzüge sind beschleunigt, die Perspiration bietet häufig einen eigenthümlichen Geruch. Der Appetit kann sowohl gemindert als auch gesteigert sein. Das Abdomen ist etwas aufgetrieben, flüchtige kolikartige Schmerzen stellen sich manchmal ein. Die Urinausleerung erfolgt häufiger, auch ist sie dann und wann mit leichten Schmerzen verbunden; die Harnstoffproduktion nimmt ab (Beigel). Die Ernährung ist häufig etwas beeinträchtigt; die Haut blässer, gedunsener, die farblosen Blutkörperchen nehmen zu (Moleschott). Die

Stimme kann rauher werden; die Schilddrüse schwillt etwas an. Die Leistungsfähigkeit der Muskeln nimmt etwas ab, die Gesichtszüge sind schlaffer, das Auge weniger lebhaft; die Netzhaut ist empfindlicher und Flimmern vor den Augen eine häufige Erscheinung; das Schlafbedürfniss ist grösser; subjective Hitzegefühle abwechselnd mit Frösteln, Eingenommenheit des Kopfes, Unlust zu geistigen Anstrengungen und eine gewisse psychische Reizbarkeit kommen nicht selten vor.

D. Schwangerschaft.

610. Vorbemerkungen.

Die Erscheinungen des schwangeren Organismus beziehen sich, abgesehen von den Veränderungen des Gesammtorganismus, auf: 1) Oertliche Vorgänge in den Genitalien selbst (549, 659, 662). 2) Die allmälige Vorbereitung der Brüste zum Säugen. Dieselben werden umfänglicher, blutreicher, fester und bilden bereits (557) kleine Mengen eines Secretes. Die Warze wird länger, der Warzenhof grösser und die Talgdrüsen desselben entwickeln sich stärker. 3) Die mechanischen Einwirkungen des ausgedehnten Uterus auf die Nachbarorgane.

Die bedeutende Volumzunahme der Gebärmutter verändert mehr oder weniger die Funktionen der Nachbarorgane; die Nachgiebigkeit der Hypochondrien und der Bauchhaut, welche unter Umständen eine starke Verdünnung erleidet (Litzmann), gestattet aber eine beträchtliche Raumvergrösserung der Bauchhöhle, wodurch tiefgreifenderen Druckwirkungen vorgebeugt ist, und das um so mehr, als die Ausdehnung des Uterus nur allmälig erfolgt. Die Dünndärme, später auch der Quergrimmdarm und Magen, werden nach oben und hinten gedrängt. Der Druck des Uterus auf den Mastdarm und untern Dickdarm führt nicht selten zu Erschwerung der Stuhlganges, Verstopfung u. s. w. Der Druck auf den Körper der Harnblase veranlasst, namentlich in der letzten Schwangerschaftszeit, häufigere Harnentleerungen; dagegen tritt Harnverhaltung durch Druckwirkungen auf den Blasenhals nur selten auf. Der Druck auf die Lenden- und Sacralnerven führt zu Gefühlen von sog. Eingeschlafensein und Ameisenlaufen, sowie zu anomalen Muskelcontractionen oder erschwerter Beweglichkeit in den untern Extremitäten. Endlich ist auch der Rückfluss des Blutes aus den untern Extremitäten, äusseren Genitalien, Mastdarm, Harnblase erschwert; daher die unter Umständen selbst bedeutenden Lumenzunahmen in diesen Gefässprovinzen, sowie leichte seröse Ausschwitzungen in das Unterhautzellgewebe der unteren Extremitäten.

In vielen Thieren tritt nach der Empfängniss eine, weitere Begattungen unmöglich machende, Abneigung der Weibchen gegen die Männchen ein. Beim menschlichen Weibe verräth sich die Empfängniss in der Regel durch keine auffallenden oder überhaupt nur irgend sicheren Symptome, obschon für manche Individualitäten bestimmte, in der grossen

Mehrzahl der übrigen Frauen freilich vollkommen gleichgültige Erscheinungen einen gewissen Werth als frühe Schwangerschaftszeichen haben. Empfindungen von Wärme, Völle und Druck im Unterleib, ferner Ekel, Uebelkeit oder selbst Brechen gehören zu den verhältnissmässig am häufigsten auftretenden Erstlingssymptomen. Für die grosse Mehrzahl gesunder Frauen ist aber erst das Ausbleiben der Menstruation das zunächst zuverlässigste Zeichen einer beginnenden Schwangerschaft.

611. Blut und Blutlauf.

Das Blut der Schwangeren bekommt meistens eine dunklere Färbung und ein geringeres specifisches Gewicht; doch scheint letzteres in der späteren Zeit wieder zu steigen. Der Gehalt an Haematoglobulin, Eiweiss und unorganischen Bestandtheilen nimmt ab; nach Einigen sollen namentlich die Blutkörperchen später wieder zunehmen. Das Fett wird etwas, der Faserstoff, namentlich in den spätern Monaten, nach Nasse und Andral erheblich vermehrt. Eine blutkörperchenfreie, helle Schicht (sog. Crusta) an der Oberfläche des Blutkuchens kommt ziemlich häufig vor. Die Blutmenge ist ohne Zweifel öfters vermehrt; das Herz zeigt in den spätern Perioden eine sichtliche Vergrösserung. Die Herzschläge sind häufiger, ausgiebiger, auch wohl unregelmässig; namentlich kommen vorübergehende Steigerungen der Herzthätigkeit, verbunden mit Herzklopfen und stärkerer Blutfüllung einzelner Organe, nicht selten vor. Die Blutvertheilung ist wesentlich verändert, den Beckenorganen werden grosse Blutmassen zugeführt und auch die unteren Extremitäten sind blutreicher als gewöhnlich.

612. Ausscheidungen.

Das Athembedürfniss ist gesteigert; die Kohlensäureproduktion nimmt zu (Andral und Gavarret), die Körpertemperatur dagegen zeigt keine merkliche Veränderung. Das Herabsteigen des Zwerchfells wird zunehmend erschwert, ohne dass übrigens das Athemholen eine Beeinträchtigung erfährt, da die Brusthöhle sich besonders in die Breite vergrössert. Die an Zahl zunehmenden Athembewegungen sind thoracische; die Vitalcapacität ist nicht gemindert, ja sogar vermehrt (Küchenmeister). Dagegen gibt Dohrn an, dass am Ende der zweiten Woche des Wochenbettes die Vitalcapacität grösser ist, als in den letzten Schwangerschaftswochen.

Das specifische Gewicht des Harnes, nimmt in Folge der etwas reichlicheren Nierensecretion, ab (Becquerel). Ein merkliches Sinken des, zum Aufbau der Knochen des Fötus wichtigen phosphorsauren Kalkes scheint nicht stattzufinden. Dasselbe gilt vom Harnstoff. Der Harn reagirt weniger sauer, auch geht er leichter in alkalische Gährung über, deren Eintreten durch Beimischungen von Schleim aus der Scheide unterstützt wird. Produkte der alkalischen Harngährung kommen desshalb im gelassenen Harn häufig vor (Lehmann), namentlich ein aus phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia und mlkrosko-

pischen Pilzen bestehendes, irisirendes Häutchen auf der Oberfläche des Harnes, welches man früher ohne Grund als ein Schwangerschaftszeichen betrachtete. Wegen des erschwerten venösen Rückflusses aus der Niere können sogar kleine Mengen Eiweiss in den Harn Hochschwangerer übergehen.

613. Ernährung und Stoffwechsel der Schwangeren.

Umfassende statistische Erfahrungen über die Ernährung und den Gesammtstoffwechsel in den Einzelperioden der Schwangerschaft fehlen. Im Allgemeinen findet eine Steigerung des Gesammtstoffwechsels statt, wie die Appetitvermehrung bei der Mehrzahl der (völlig gesunden) Schwangeren beweist. Das Plus von Zufuhren kommt auch dem Gesammtorganismus der Schwangeren zu gut, sodass die Vermehrung, welche ihr Körpergewicht erfährt und die nach Gassner in den 12 letzten Wochen $^1/_{13}$ beträgt, nicht ausschliesslich durch das Wachsthum der Frucht und ihrer Annexa erklärt werden kann. Häufig wurde behauptet, das gesteigerte Uterinleben beeinträchtige den Stoffumsatz in den übrigen Organen, eine Ansicht, welche trotz vieler Uebertreibungen, wenigstens für gewisse Funktionen nicht unbegründet ist. Die Haare fallen leichter aus; in der spätern Schwangerschaftszeit magern manche Theile, namentlich des Oberkörpers, merklich ab; in noch nicht ausgewachsenen Schwangeren soll das Längswachsthum vorübergehend stille stehen; auch soll dasselbe nach beendeter Schwangerschaft eine Minderung oder völlige Hemmung erleiden können. Frühzeitige oder schnell auf einander folgende Schwangerschaften vereiteln die Ausbildung einer kräftigen Körperconstitution und sind selbst die Ursache einer geringeren Lebensdauer der Nachkommenschaft.

Von relativ häufigeren Specialerscheinungen wären hervorzuheben die stärkere Pigmentablagerung auf der Haut, namentlich dem Warzenhof, längs der Linea alba des Bauches und in der Genitalgegend, sowie das Hervortreten von Sommersprossen und sog. Leberflecken im Gesicht. An der Innenfläche des Schädeldaches entstehen öfters Ausschwitzungen, welche verknöchern und zu röthlich gefärbten, Groschen- bis Thalergrossen, $^1/_6$—$^1/_2$ Linie und darüber dicken Blättchen sich umwandeln, den sog. Osteophyten (Rokitansky).

614. Muskel- und Nervensystem.

Durch die Ausdehnung des Uterus wird der Schwerpunkt des Körpers weiter nach vorwärts und abwärts verlegt, daher das auffallende Rückwärtshalten des Oberkörpers beim Stehen und Gehen. Der Gang ist desshalb, sowie wegen der vermehrten Körperlast und der sonstigen Beeinträchtigung der Muskeln der unteren Extremitäten, etwas unsicher und schwankend.

Das Gemeingefühl erleidet vielfache Veränderungen; doch bieten die hieher gehörigen Erscheinungen bei verschiedenen Frauen zahlreiche Abweichungen, sowie sie auch in demselben Organismus durch ihre Wandelbarkeit ausgezeichnet sind. Vollkommene Euphorie kommt selbst bei den kräftigsten Hochschwangeren kaum vor. Kopf- und Zahnschmerzen, Müdigkeitsgefühle, Schwindel,

Ekel, Sodbrennen und subjective Sinnesempfindungen bilden ziemlich häufige Erscheinungen. Der Schlaf ist öfters gestört. Es tauchen Gelüste nach pikanten Speisen, ausnahmsweise selbst nach Kalk, Erde und andern ungeniessbaren Dingen auf, oder es besteht eine entschiedene Abneigung gegen gewisse Gerüche, ja selbst gegen Speisen, die sonst gern genossen wurden. Endlich ist die Gemüthsstimmung, im nächsten Zusammenhang mit den genannten Erscheinungen, mehr oder minder verändert, leicht wechselnd, reizbar, launenhaft und überhaupt mehr zu Gefühlen der Unlust, zu Trauer und Schwermuth geneigt; ja sogar die höheren intellectuellen Vermögen erleiden nicht selten eine gewisse Beeinträchtigung.

E. Geburt, Wochenbett und Lactation.

615. Geburtsakt.

Die den Geburtsakt (554) begleitenden constitutionellen Vorgänge und Symptome zerfallen in folgende Gruppen: 1) Die, verhältnissmässig untergeordneten, mechanischen Wirkungen der vorliegenden Kindestheile auf die Nachbarorgane der Geburtswege. Während der Wehen können Urin und Koth hervorgepresst werden; der Druck auf die grossen Nervenstämme kann Eingeschlafensein, Schmerzen, Zittern und Krämpfe der untern Extremitäten veranlassen. 2) Die Thätigkeiten der auxiliären Muskeln, welche die Contractionen des Uterus begleiten. 3) Die übrigen constitutionellen Erscheinungen sind vorzugsweis von den Wehenschmerzen abhängig.

Schon vor dem eigentlichen Geburtsakt stellt sich häufig eine Reihe von Symptomen ein, öfterer Harndrang, Ziehen in der Lenden- und Schoossgegend, leichte Vermehrung der Pulsfrequenz, eine gewisse körperliche und geistige Unruhe. Der Fortgang und die Rhythmik der constitutionellen Erscheinungen während der Geburt hängen ab: 1) von der Periodicität der Contractionen und Erschlaffungen des Uterus, (während der Wehen findet eine Steigerung, in den wehenfreien Pausen ein Nachlass der begleitenden Symptome, eine verhältnissmässige Ruhe statt); und 2) von der allmäligen Zunahme der Uterusthätigkeit und des sonstigen localen Geburtsvorganges überhaupt. Nachdem dieselbe während der Austreibung des Kindes ihren Höhepunkt erreicht hat, folgt bald darauf, als nothwendige Wirkung der Erschöpfung, ein bedeutender Nachlass, körperliche und geistige Ruhe, verbunden mit dem Gefühl einer grossen Erleichterung; die ganze Haut kommt in vermehrte Transspiration, Puls und Athemzüge beruhigen sich und es stellt sich häufig ein kurzer aber erquickender Schlaf ein.

Während der Wehen ist die Thätigkeit vieler Muskeln gesteigert; die Gliedmaassen werden unwillkürlich kräftig angestemmt und dadurch festere

Unterlagen gewonnen; die Bauchmuskeln (sog. Bauchpresse) kommen in energische Contractionen, welche die pressende Kraft des Uterus einigermaassen unterstützen; der Athem wird nach vorausgegangener tiefer Inspiration angehalten, so dass das Zwerchfell dem Drucke der Bauchmuskeln nicht nachzugeben braucht. Anfangs kann dieses Mitpressen vom Willen noch beherrscht werden, bei den heftigsten Wehen aber erfolgt es unwillkürlich. Die starke Innervation zahlreicher Skeletmuskeln dient auch als Erleichterungsmittel der Schmerzen.

Die Athembewegungen sind hastig, oberflächlich, unregelmässig. Das Athemanhalten stört den Blutlauf; desshalb schwellen während heftiger Wehen die Venen des Antlitzes und Halses an, das Gesicht wird geröthet, die Augen glänzend und prominirend, Thränen treten häufig, Schweiss, namentlich in den obern Körpertheilen, immer hervor. Von Harnbestandtheilen ist das Chlornatrium verhältnissmässig am meisten gesteigert (Weidner).

Im Verlauf der Geburt wird der Puls frequenter, die Resistenz der Arterien nimmt zu, deren Lumen aber ab; nach der Geburt werden die Arterien weicher und die Pulsschläge seltener. Die Pulsfrequenz steigt nach Martin und Mauer während jeder Wehe, erreicht ihr Maximum mit dem Höhepunkt der Wehe und nimmt von da an wieder ab. Das Maximum verhält sich zu dem, der Wehe unmittelbar vorangehenden, Minimum etwa wie 7—9 zu 5—6.

Bei Wehenschwäche hebt sich die Pulsfrequenz nur unbedeutend, in tumultuarischen Wehen aber besonders stark. Die Chloroformnarkose löscht nach Martin den Pulsunterschied zwischen Wehen und Wehenpause aus. Die Erscheinung ist somit auf die Wehenschmerzen vorzugsweis zurückzuführen.

Die Körperwärme steigt unbedeutend, nur um $^1/_5$—$^1/_4$ ° C., wesshalb beim Fortgang der Geburt die Tagescurve der Körperwärme, welche grössere Extreme bietet (643), noch unterscheidbar bleibt (Winckel).

Manche Symptome, wie Zunahme der Körperwärme, Uebelkeit, Aufstossen, Brechen, dürften ihre entfernte Veranlassung wiederum in den Schmerzen theilweis haben. Die letzteren führen zu Zittern der Glieder, Wimmern, Schreien. Heftige Wehen können das Antlitz bis zum Unkenntlichen verändern, Sinnestäuschungen und selbst vorübergehendes Irrereden veranlassen.

Der ganze Geburtsverlauf bedingt einen Körpergewichtsverlust um etwa $^1/_9$, letzterer rührt, abgesehen von dem Gewicht der Frucht und ihrer Annexa, von der Blutung in der Nachgeburtsperiode sowie von der gesteigerten Respiration und Perspiration her.

616. Wochenbett.

Während in der Schwangerschaft der Organismus nur allmälig sich verändert, bietet die Puerpera ebenso rasche als tiefgreifende Veränderungen in dem gegenseitigen Verhältniss mehrerer wichtigen Organe und Functionen. Das Körpergewicht nimmt durch die verschiedenen puerperalen Se- und Excretionen in den ersten 8 Tagen um $^1/_{12}$ ab. Die gesammte Einbusse an Körpergewicht in Folge der Geburt und des Wochenbettes beträgt nicht weniger als $^1/_5$ des

Körpergewichtes der Hochschwangeren (Gassner). Wann das frühere Körpergewicht der Nichtschwangeren erreicht wird, ist noch nicht ermittelt.

Der im Verlauf des Wochenbettes in den Genitalien selbst vor sich gehende Process ist in 555, die Milchsekretion in 556—558 und im folgenden § abgehandelt. Abgesehen von diesen charakteristischen Vorgängen bietet die Wöchnerin folgende constitutionelle Erscheinungen. Die Entleerung des Uterus verursacht eine rasche Volumabnahme des Abdomens, die Bauchwand ist schlaff und die Kraft ihrer Muskeln beeinträchtigt; mit Unrecht aber nahm man eine stärkere Blutzufuhr zu den Abdominalorganen an als nothwendige Folge der Entleerung des Uterus. Dagegen ist die Blutzufuhr zu den Milchdrüsen bedeutend vermehrt. Sogenannte Nachwehen, veranlasst durch Contractionen des Uterus, stellen sich, mehrere Tage hindurch, von Zeit zu Zeit ein, besonders beim Anlegen des Kindes und in Solchen, die mehrmals geboren haben, sowie nach schnellem Geburtsverlauf.

Die Haut ist einige Tage hindurch in hohem Grade geneigt zur Bildung von Schweiss, welcher einen eigenthümlichen Geruch annimmt. Die während der Schwangerschaft in ihr abgelagerten Pigmente beginnen zu schwinden. Der Blutreichthum und die erhöhte Thätigkeit der Haut sind Ursache einer gesteigerten Reizbarkeit derselben und einer grössern Empfindlichkeit des Körpers gegen Kälte. In den ersten Tagen ist die Harnabsonderung vermehrt, mit starker Abnahme des specifischen Gewichtes (1010 nach Winckel). Diese Erscheinungen sind die einfachen Folgen des gesteigerten Durstes und der Resorption der serösen Ansammlungen im Unterhautbindegewebe, namentlich der unteren Gliedmaassen; auch ist die Harnstoff-, Phosphorsäure- und Schwefelsäureausscheidung etwas gesunken (Winckel, Weidner). Später nimmt der Harn schon in Folge der antagonistischen Haut- und Milchsecretion ab, während das specifische Gewicht sich hebt und die Ausscheidung der festen Bestandstandtheile des Harns von den Normalverhältnissen nicht abweicht. Der Stuhlgang ist anfangs verzögert; die Esslust ist in den ersten Tagen gemindert, der Durst dagegen vermehrt. Die Körperwärme zeigt eine kleine Steigerung (um 2—3 Zehentel eines Grades). Die gewöhnliche Angabe, der Puls sei etwas häufiger, widerlegt Blot mit der Behauptung, dass vollkommen gesunde Neuentbundene im Allgemeinen eine gewisse Abnahme der Pulsfrequenz einige Stunden bis selbst mehrere Tage bieten. Auch das Nervensystem befindet sich in erhöhter Erregbarkeit, wie namentlich das nicht sehr seltene Auftreten eigenthümlicher und merkwürdiger pathologischer Zustände in der sensuellen und psychischen Sphäre beweist.

617. Lactation.

Am 3. oder 4. Tage nach der Geburt nimmt die schon eingeleitete Milchbildung rasch zu (557), die Brüste werden gespannt, es stellen sich leichte Stiche oder Schmerzen in denselben ein; der Puls beschleunigt sich; die Körper-

temperatur steigt um etwa ½°. Wenn diese Erscheinungen stärker hervortreten, die Achseldrüsen etwas schwellen, die Körpertemperatur zunimmt, subjective Hitze- und Schaudergefühle, Mattigkeit und Appetitlosigkeit sich einstellen, so nennt man diesen Zustand Milchfieber. In der Regel verschwinden die Erscheinungen, die in kräftigern Individuen überhaupt minder ausgeprägt zu sein pflegen, nach 24 Stunden, unter Vermehrung der Perspiration, des Schweisses und der Milchsecretion. Ist die Milchbildung gehörig im Gange, so bedingt der damit verbundene Stoffverlust ein vermehrtes Nahrungsbedürfniss; der Durst, namentlich aber der Appetit, nimmt in gesunden Säugenden bedeutend zu. Der Lochienfluss ist bei Stillenden fast um die Hälfte geringer als bei Nichtstillenden (Gassner).

Stillt die Frau nicht, so kehrt die Menstruation in einigen Wochen zurück. Während der Lactation hört die Menstruation auf; Ausnahmen kommen jedoch, namentlich in vollsaftigen Individuen, dann und wann vor. Tritt die Menstruation nach längerem Säugen wieder ein, so wird die Milch sparsamer, aber die % Menge der Fixa nimmt nicht ab, die Fette und namentlich das Casein vermehren sich sogar während des Monatflusses und zeigen erst nach Aufhören desselben ihre früheren Werthe (Vernois und Becquerel). Stellt sich der Menstrualfluss reichlich ein, so schwindet die Milchsecretion oft rasch. Während des Säugens ist die Frau viel weniger zur Empfängniss geneigt; es gibt übrigens Beispiele von Conception sogar schon wenige Tage nach der Geburt. Die beginnende Schwangerschaft vermindert sogleich die Secretion der Brustdrüsen, die Milch wird mehr colostrumartig und hört bald ganz auf.

F. Schlaf.

618. Allgemeine Charakteristik.

Der Schlaf unterscheidet sich vom Wachsein vorzugsweise durch das Zurücktreten oder selbst eine völlige Unterbrechung der Aeusserungen des Bewusstseins; das Gehirn empfängt weniger Blut (die Schädelfontanellen kleiner Kinder sinken etwas ein, auch nimmt die Gefässfülle der Pia mater im Schlafe bedeutend ab, wie Durham an trepanirten Hunden fand); die äusseren Sinne setzen ihre specifischen Verrichtungen aus; die willkürlichen Bewegungen fehlen und der gesammte Stoffwechsel wird erheblich gemindert. Es gibt zahlreiche, namentlich pathologische Zustände, die einige oder selbst viele Symptome und äussere Eigenschaften mit dem Schlaf gemein haben; gleichwohl sind dieselben (z. B. Schlafwandel, Delirium, Narcotismus, Ohnmacht, Scheintod) ihrer innern Natur nach vom normalen Schlaf wesentlich verschieden.

Man unterscheidet den tiefen, ruhigen in der Regel länger dauernden, und den leisen, oft auch unruhigen, Schlaf. Aehnliche Unterschiede bietet der Schlaf in seinem Verlauf; der Anfangsschlaf, als der tiefste, in welchem

die Verrichtungen am meisten zur Ruhe gekommen sind, ist auch vorzugsweis erquickend. Die Dauer und Tiefe des Schlafes hängt, abgesehen von zahlreichen Einflüssen der Lebensweise, der namentlich auch hier besonders grossen Macht der Gewohnheit, sowie nicht näher gekannten individuellen Verhältnissen, ganz besonders vom Lebensalter (572) ab. E. Kohlschütter benützte als Intensitätsmaass des Schlafes die (durch ein Schallpendel, nach 321, beliebig zu regulirende) Schallstärke, die nöthig ist, um den Schläfer zu wecken; die Tiefe des Schlafes wird der zum Erwecken nöthigen Schallstärke proportional gesetzt. Dieselbe nimmt Anfangs rasch, dann langsamer zu, erreicht gegen Ende der ersten Stunde ihr Maximum, um hierauf rasch, später langsamer wieder abzunehmen. Der Schlaf ist $1\frac{1}{2}$ Stunden nach dem Einschlafen auf $\frac{1}{4}$, 2 Stunden später bereits auf $\frac{1}{8}$ des Maximalwerthes gesunken; in den letzten Stunden vor dem Erwachen behält er einen gleichmässigen, jedoch nur sehr geringen Intensitätsgrad bei.

619. Einschlafen und Erwachen.

Der Uebergang in den Schlaf erfolgt in der Regel sehr viel langsamer als das Aufhören desselben. Man fühlt sich müde; der Glanz und die Befeuchtung der Augen nehmen ab, die Gesichtszüge erschlaffen, der Kopf wird nicht mehr gehörig getragen, bestimmte Muskeln veranlassen specifische Gefühle, so namentlich der, seine Wirkung versagende, Heber des oberen Augenlides und wohl auch andere äussere Augenmuskeln. Die Theilnahme für die Umgebung nimmt ab, die sinnlichen Eindrücke werden wenig beachtet und die Vorstellungen zunehmend schwächer, zusammenhangloser, traumhafter. Die Wärmeerzeugung und die Empfindlichkeit der Cutis für Temperaturen sinkt, der Druck der Umgebungen wird nicht mehr gehörig empfunden, wir glauben oft mehr auf der Unterlage zu schweben als auf derselben zu lasten. Das Bewusstsein der Lage unserer Glieder ist auffallend beeinträchtigt, wodurch eine Reihe eigenthümlicher Erscheinungen bedingt wird; wir fühlen z. B. unseren Körper viel zu lang, oder einzelne Gliedmaassen gar nicht u. dergl. Verhältnissmässig am Längsten bewahrt das Gehör seine Integrität.

Das Erwachen geschieht verhältnissmässig am schwersten zu Anfang des Schlafes und ist dann, wenn das Wiedereinschlafen verhindert wird, häufig von Schwere des Kopfes, Müdigkeit und andern lästigen Gemeingefühlen, verdriesslicher Stimmung, Unfähigkeit zu anhaltendem Denken, Empfindlichkeit der Sinne, namentlich des Auges begleitet. Diese Erscheinungen stellen sich um so stärker ein, je grösser das Ersatzbedürfniss des Körpers ist. Wird dagegen der Schlaf nur kurz unterbrochen, so wird er tiefer als er ohne die Unterbrechung gewesen wäre (Kohlschütter). Der nach dem normalen Ablauf des Schlafes Erwachte hat sich vollkommen erholt; trotz längeren Fastens greifen keine stärkeren Hungergefühle ein, die Sinne sind geschärft und ihre Erregungen angenehm, die Aufmerksamkeit ist gesteigert; der Ge-

sammtzustand des Körpers, vorzugsweis der Muskeln, bedingt manchfaltige Gefühle von Wohlbehagen, man ist zu jeder körperlichen wie geistigen Anstrengung neu gekräftigt. Diese Wirkungen bleiben aber nach einem zu langen, das individuelle Bedürfniss übersteigenden Schlafe in der Regel aus.

Im spätern Verlauf des Schlafes werden die Sinne empfindlicher, die Träume lebhafter und deren Imperium über den Körper grösser, die Muskeln weniger ruhig; der Organismus nähert sich allmälig den Verhältnissen, die das Wachen charakterisiren und kommt in einen Halbschlaf, in welchem der Verkehr mit der Aussenwelt nach und nach, namentlich durch das Gehör, wieder angeknüpft wird, so dass das Erwachen in Folge der geringfügigsten äussern oder innern Veranlassungen eintritt. Die Verrichtungen, namentlich die vegetativen, bieten sogleich nach Beendigung des normalen Schlafes eine auffallende Steigerung; diese für den so eben erwachten Organismus charakteristische (auch bei dem Erwachen aus dem Winterschlaf bemerkte) Erscheinung macht jedoch nach $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{2}$ Stunde einem ruhigeren Ablauf der Processe Platz.

620. Ursachen des Schlafes.

Eine physiologische Theorie des Schlafes, d. h. die Darlegung nicht bloss der allgemeinen Nothwendigkeit einer periodischen Minderung oder theilweisen Suspension der physischen und psychischen Thätigkeiten, sondern der vielfachen, körperlichen wie psychischen Bedingungen, welche im Verlauf des Wachens und Schlafens eine fortschreitende Abnahme dieser Körperzustände herbeiführen, sowie endlich der bestimmten Gestaltungen, welche die Funktionen des Schlafenden nach Quantität und Qualität zeigen, ist unmöglich.

Beim Menschen ist der Schlaf nach Periodicität und Intensität der Erscheinungen, am stärksten entwickelt; Thiere, welche stehend schlafen, sind schon dadurch dem Zustand des Wachens näher gerückt und zeigen, viele Vögel z. B., einen leisen Schlaf. In den niederen Wirbelthierklassen sind auf gewisse Stunden der täglichen Zeit vertheilte Gegensätze von Schlaf und Wachen überhaupt nicht mehr vorhanden. Der Winterschlaf, in welchen einige kleinere Säugethiere der gemässigten und kalten Zone, ganz besonders aber die Reptilien (auch einige Fische) und viele andere Thierklassen verfallen, bietet als langwährender Zustand die Eigenschaften des tiefsten Schlafes mit sehr grosser Herabsetzung oder theilweiser Aufhebung der Verrichtungen.

Zu den Einschläferungsmitteln gehören geistige und körperliche Ermüdung, Minderung der äusseren Sinnesreize oder fortgesetzte monotone Einwirkung solcher (z. B. einförmige Geräusche), Kälte, starke Mahlzeiten, namentlich auch Spirituosa und gewisse Schlafmittel der Therapeuten. Die Weckungsmittel zerfallen wiederum in innere und äussere. Zu den ersteren gehören namentlich 1) Traumvorstellungen (sehr lebhafte Träume können uns selbst aus tiefem Schlaf wecken), 2) Gemeingefühle, z. B. durch stärkere Ansammlungen im Mastdarm oder der Blase und die dadurch bedingten Sphinctercontractionen; die Gefühle bei der Ejaculatio seminis; Schmerzen u. s. w. und 3) wohl auch plötzliche Veränderungen gewisser, dem vegetativen Leben dienenden, Bewegungen (Herz- und Athembewegungen). Als äussere Weckungsmittel dienen die

Sinnesreize, namentlich Schall, helles Licht und Erregungen der Cutis. Starke Minderung oder völliges Aufhören gewohnter Reize können ebenfalls erwecken. (s. 625).

Alle diese Ursachen wirken aber bloss mehr oder weniger begünstigend auf das Zustandekommen oder Aufhören des Schlafes und geben so wenig, wie die den Schlaf verhindernden Einflüsse (heftige Sinneseindrücke, Schmerzen, psychische Aufregung, gewisse Mittel wie Caffee, Thee u. dgl.) über die inneren Vorgänge selbst Aufschluss.

621. Blutlauf und Athmen.

Die Pulsfrequenz sinkt um 3 bis 10 Schläge. Ein Durchschnittswerth ist vorerst nicht anzugeben; die Vergleichung sollte übrigens nur mit der horizontalen Lage des Wachenden angestellt werden. Der Grad der Abnahme wird namentlich bedingt durch die Tiefe des Schlafes und die Lebensalter; in Kindern ist der Einfluss des Schlafes am stärksten, aber auch im Greis wird die Pulsfrequenz namhaft gemindert. Ausserdem wird der Puls kleiner und die Spannung der Arterien (Blutdruck) geringer; die Kreislaufszeit nimmt zu, was wiederum zur Folge hat, dass das venöse System, im Gegensatz zum arteriellen, verhältnissmässig noch mehr als im wachenden Zustand gefüllt ist. Unmittelbar nach dem Erwachen steigt die Frequenz und Ausgiebigkeit der Herzschläge vorübergehend.

Die Athemzüge sind seltener (das Verhältniss zum wachenden ruhenden Zustand ist mindestens etwa 3 : 4) und, vollständige Freiheit des Thorax und Abdomens und Abhaltung jedes äussern Druckes vorausgesetzt, oberflächlicher. Die Pausen zwischen den einzelnen Athembewegungen sind oft lang, beim tieferen Schlaf folgen die Athemzüge regelmässiger auf einander als im leisen Schlaf. Die Diffusion der Kohlensäure ist erheblich gemindert und die langsam ventilirte Ausathmungsluft ohne Zweifel sehr reich an % Kohlensäure. Eine gewisse Venosität wurde dem Blut des Schlafenden von jeher zugeschrieben. Die absolute Kohlensäuremenge ist nach Scharling um etwa $1/4$ und noch mehr gesunken gegenüber dem wachenden ruhigen Zustand (Lehmann erhielt an Tauben eine Minderung von $1/6$). In 10 Versuchstagen Pettenkofer's und Voit's bildete ein ruhig sich verhaltender Mensch bei sehr verschiedener Beköstigung in der 12stündigen Tagesperiode 497, in der 12stündigen Nachtperiode 375 Gramme Kohlensäure, also im letzteren Fall etwa $1/4$ weniger. Von grossem Einfluss auf die Kohlensäureausscheidung während des Schlafes ist nach denselben Forschern der Grad der Muskelanstrengung während des vorangehenden wachenden Zustandes; der vorhin erwähnte Mensch bildete bei mittlerer Beköstigung in 12 Tagesstunden 533, in 12 Nachtstunden 395 Gramme Kohlensäure bei ruhigem Leben; bei Arbeit aber 856 Gr. Tags- und 353 Gramme Nachtkohlensäure. Beim Wachen während der Nacht nimmt die % Kohlensäure der Ausathmungsluft nur wenig ab. Die Athemzüge unmittelbar nach

dem Erwachen werden frequent und tief, die Kohlensäure-Ausscheidung nimmt beträchtlich zu (Prout, Vierordt); diese Erscheinung hält etwa $^1/_2$ Stunde an, sodass sie nicht von der während des Schlafes im Körper angesammelten Kohlensäure abgeleitet werden kann.

622. Harnbildung.

Die Nieren sondern im Schlaf erheblich weniger feste Bestandtheile überhaupt, und Harnstoff, Chlornatrium und Sulphate insbesondere aus, als in gleichen Zeiten während des Wachens. Besonders stark (etwa um die Hälfte oder noch mehr) ist aber die Urinmenge gemindert, sodass der Nachtharn ein viel grösseres specifisches Gewicht, eine stärkere Färbung und acidere Reaktion zeigt als der Tagharn. Die Phosphorsäure bietet auffallende Erscheinungen; ihre Secretion ist in Einzelnen absolut grösser als am Tag (Kaupp, Haxthausen u. A.), oder die Werthe einer Tag- und Nachtstunde sind ungefähr gleich (Sick), oder, wenn sie auch Nachts abnimmt, so geschieht das doch lange nicht in dem Grade, wie bei den übrigen Salzen. Ueber die Harnsäure fehlen umfassende direkte Erfahrungen; vielleicht gehorcht sie derselben Norm wie die Phosphorsäure (645).

Kaupp theilte bei streng gleichmässiger Kost und sonstiger Lebensweise den Urin in zwei gleiche 12stündige Perioden (der Nachtharn begann 6 Uhr Abends, Zeit des Schlafengehens 11 Uhr) und erhielt folgende Grammwerthe.

	Tag	Nacht	Nachtharn in % des Tagharnes
Harnvolum (C. C. M.)	889	467	52,5 %
Fixa überhaupt	42,74	28,35	66,3
Harnstoff	18,33	14,08	76,8
Chlornatrium	12,05	4,99	41,4
Phosphorsäure	1,72	2,08	120,7
Schwefelsäure	1,03	(0,34)	(34,0)
Harnsäure	0,22	(0,30)	(136,0)

Sick erhielt in 17 Tagesstunden eine durchschnittliche Harnmenge von 2351 C.C.M.; für 7 Schlafstunden 423; also stündliche Werthe von 138 und 60. Es versteht sich, dass Lebensweise, Diät, Dauer und Vertheilung der Schlafzeit, individuelle Verhältnisse u. s. w. auf den Nachtharn von eingreifendem Einfluss sind.

623. Gesammtstoffwechsel.

Der Stoffwechsel ist während des Schlafes in nahezu allen seinen Einzelerscheinungen gesunken und zwar wahrscheinlich so, dass dieselben die, ihnen überhaupt mögliche, relativ grösste Proportionalität bieten. Ist unsere Vermuthung richtig, so charakterisirt sich der wachende Zustand von vegetativer Seite durch eine gewisse Disharmonie und Veränderlichkeit der Funktionen, durch ein auffallendes Vorwiegen bald dieser, bald jener Thätigkeit; er würde also — wie man sich auch schon ausgedrückt hat — gewissermaassen einen erzwungenen Zustand darstellen. Die grössere Harmonie der einzelnen Phasen

des Stoffwechsels ist wohl auch für die restaurirende Wirkung des Schlafes von Wichtigkeit.

Alle Se- und Excretionen sind gemindert; Verdauung und Aufsaugung erfolgen entschieden langsamer. Die Gallenbildung nimmt ab; ein Gallfistelhund lieferte etwa $^{1}/_{4}$ weniger Secret als am Tage (Nasse und Ritter). Die organischen Wärmequellen haben abgenommen, daher das grössere Bedürfniss nach Schutz gegen Abkühlung und die leichtere Geneigtheit des Körpers zu Erkältungen. Die Temperatur sinkt im Verlauf des Schlafes um etwa $^{3}/_{4}$ bis selbst 1 Grad C. unter ihren Maximalwerth während des Wachens. Die sog. unmerklichen Gewichtsverluste verhalten sich im schlafenden und wenig angestrengten wachenden Körper in gleichen Zeiten durchschnittlich etwa wie 1 zu 1,4. Nach dem Erwachen steigt die Temperatur ziemlich schnell; dessgleichen findet eine auffallende, jedoch bald vorübergehende, Steigerung des unmerklichen Körperverlustes statt (Volz).

624. Muskelthätigkeiten.

Die dem vegetativen Leben dienenden Bewegungen dauern während des Schlafes in gemindertem Grade fort. Ausser den in 621 erwähnten ist namentlich auch die Peristaltik des Nahrungsschlauches erheblich verlangsamt. Die dem Willen unterworfenen Muskeln sind um so regungsloser, je tiefer der Schlaf ist. Die Rückenlage gestattet die grösste relative Ruhe, während die Seitenlage die Muskeln schon etwas mehr in Anspruch nimmt. Die Gliedmaassen befinden sich in mässiger Beugung, das Gesicht ist ruhig und verhältnissmässig ausdruckslos; nur manche Schliessmuskeln werden unter Umständen stärker in Anspruch genommen. Die Schlafbewegungen, selbst die halbbewussten, des Träumenden sind ungeschickter, zweckloser; Reflexbewegungen kommen häufig vor. Der leisere Schlaf, namentlich aber lebhafte Träume, sind von einzelnen Bewegungen der Extremitäten sowie von Veränderungen der Gesichtszüge und der rhythmischen Thätigkeit der Athemmuskeln begleitet; im starken Affect kann der Träumende sich aufrichten und sogar das Bett verlassen. Die Zustände der Muskulatur geben zu dunkelen Gemeingefühlen Anlass; der nicht allzutief Schlafende wechselt die Lage seiner Glieder, wenn sie auf die Dauer unbequem wird, die durch Völle der Harnblase bedingten Muskelgefühle führen zum Aufwachen u. s. w.

625. Sinne.

Die Empfindlichkeit der äusseren Sinne nimmt in hohem Grade ab, doch ist ihr Verkehr mit der Aussenwelt nicht vollständig aufgehoben. Der Schlafende reagirt auf Reize von einer gewissen Stärke oder von fortgesetzter Einwirkung und erwacht sogar, wenn gewohnte Eindrücke aufhören. Das Stillstehen der Uhr, das Erlöschen der Nachtlampe wirken erweckend, das Stehenbleiben des

Wagens stört den Schlaf des Fahrenden. Der Tastsinn, vor allem aber das Gehör, bewahren ihre Reizempfindlichkeit verhältnissmässig am meisten. Das getrübte Bewusstsein verhindert übrigens die richtige Auffassung der Sinnesreize, so dass die Eindrücke, die der Schlafende von Aussen empfängt, immer nur unvollkommen sind und höchstens die Richtungen der Träume im Allgemeinen zu bestimmen vermögen. Die Behauptung, dass man durch Sprechen in das Ohr von Schlafenden die Gedanken derselben ganz bestimmten Gegenständen zulenken könne, mag höchstens für seltene Ausnahmsfälle (wirklichen Schlafes?) einigermaassen begründet sein. Der Augapfel verharrt ruhig und ist (wie die Stellung der durch das Auglid fühlbaren Hornhaut beweist) nach aufwärts gerichtet. Die Pupille zeigt eine mässige Verkleinerung (Fontana). Die Thränen- und Bindehautabsonderung nimmt bedeutend ab; der Augenlidverschluss trägt übrigens zur Forterhaltung der normalen Augenbefeuchtung bei. Verhältnissmässig zahlreicher als die äusseren Empfindungen sind die Gemeingefühle im Schlaf. Dieselben können sogar einen hohen Grad von Deutlichkeit gewinnen, z. B. manche Muskelgefühle, Schmerzen, das Gefühl der Athemnoth, die mit Pollutionen verbundenen Empfindungen u. s. w.

626. Psychische Thätigkeiten überhaupt.

Die psychischen Thätigkeiten im Schlafe äussern sich als Traum. Derselbe zeigt folgende Hauptcharaktere: 1) Er stellt sich immer nur unwillkürlich ein. 2) Er ist mit der Täuschung verknüpft, dass wir Dinge unserer Einbildung für Wirklichkeiten halten. 3) Das Bewusstsein ist niemals ganz freithätig, in der Regel sogar in hohem Grade gehemmt. 4) Die Erinnerung an die gehabten Träume ist meistens nur sehr unvollständig und die Schätzung ihrer zeitlichen Dauer geradezu unmöglich. — Aus diesen Gründen stehen die psychischen Thätigkeiten an Intensität und Bestimmtheit ausserordentlich zurück hinter ihren entsprechenden Leistungen in dem, vom vollen Bewusstsein begleiteten wachenden Zustand. Die Behauptung, dass der Schlaf einzelne Seelenvermögen steigere, ja selbst neue psychische Thätigkeiten wecke, gehört dem Aberglauben an. Länger fortgesetzte Träume von wohl begründetem pragmatischem Zusammenhang der Vorstellungen sind selten und die meisten Erzählungen von angeblich reellen oder gar originellen psychischen Leistungen im Traum sind mit grösster Vorsicht aufzunehmen. In der Regel bringen wir die Vorstellungen ganz oder doch theilweis in unrichtige, selbst völlig abentheuerliche Beziehungen unter sich, wir begehen die albernsten und auffallendsten Handlungen und legen selbst die objektiven Empfindungen oder Gemeingefühle meistens falsch aus oder verändern dieselben phantastisch.

Es wird gestritten, ob die psychischen Thätigkeiten im Schlaf gänzlich aufhören können. Für eine ununterbrochene Fortdauer derselben darf man allerdings nicht anführen z. B. das Vermögen Mancher, zu einer bestimmten,

ernstlich vorgesetzten Zeit aufzuwachen, oder den leisen Schlaf des Furchtsamen oder der Mutter, die ihres Kindes wartet, Beispiele, die sich nicht auf die tiefen Formen beziehen, denn der Schlafende ging zu Bett mit einem ihn lebhaft beschäftigenden, keinen tiefen Schlaf zulassenden Gedanken. Kohlschütter fand in einem solchen Fall in der That einen geringen Intensitätswerth des Schlafes.

Die Fortdauer schwacher psychischer Thätigkeiten auch während des allertiefsten Schlafes wird am besten erwiesen durch den Rapport, in welchem der Schlafende mittelst seiner Sinne mit der Aussenwelt steht. Die Sinnesreize, um überhaupt wahrgenommen zu werden, müssen unter allen Umständen, selbst beim Wachenden, eine bestimmte Stärke besitzen; wenn nun der Reiz unter Umständen sehr stark sein muss, um auch nur eine kleine Wirkung auf den Schläfer zu erzielen oder denselben gar zu erwecken, so spricht das eben für das Fortbestehen einer Psyche minima. Jeder geistige Process verlangt eine gewisse Stärke, um überhaupt in den Bereich der freien Thätigkeit, d. h. des Bewusstseins zu fallen; wird diese Stärke beim tiefer Schlafenden nicht erreicht, so sinkt der Process in den Bereich der latenten, gebundenen Thätigkeit herab, in welchem die Seelenkräfte aufhören, in den gewöhnlichen, unserem Bewusstsein allein zugänglichen Formen wirksam zu sein.

627. Sinnliche Vorstellungen.

Träume abstrakten Inhalts gibt es nicht und es mischen sich immer sinnliche Vorstellungen ein; viele Träume sind sogar ausgezeichnet durch die Stärke und phantastische Lebhaftigkeit der sie begleitenden sinnlichen Vorstellungen. Wie im Wachen, so sind auch hier die Vorstellungen des Seh- und Hörsinnes die häufigsten und deutlichsten; man sieht seltsame Gestalten, prächtige Farben, hört schöne Melodien, verschiedene Stimmen, Wechselreden der Traumgestalten u. dergl. Auch auf den Tastsinn beziehen sich nicht wenige Vorstellungen; selten und undeutlich sind solche des Geruchs; am seltensten die des Geschmacks. Erblindete, vorausgesetzt dass sie erst nach dem siebenten bis höchstens fünften Lebensjahr das Sehvermögen verloren (Heermann), träumen immer noch von Farben und Gestalten, also mit der Täuschung, als sähen sie dieselben; ihre Traumgestalten sollen sich nur auf Objekte beziehen, die ihnen bereits bekannt waren, als sie noch sehen konnten.

Die Beziehungen der träumenden Seele zu den Gemeingefühlen sind wechselseitige. Einestheils gesellen sich zu Traumvorstellungen die gewöhnlichen körperlichen Folgen der betreffenden Seelenzustände; schreckhafte Träume z. B. beengen den Athem oder bringen die Athembewegungen und vielleicht mittelbar auch die Herzbewegungen, sogar zum vorübergehenden Stocken, was die bekannten Schmerzgefühle des Alpdrückens veranlasst. Andererseits lösen aber auch Gemeingefühle mehr oder weniger entsprechende Träume aus; die Verlangsamung oder der vorübergehende Stillstand der Athembewegungen z. B. führt wiederum zu den Erscheinungen des Alpdrückens; das Gefühl der Athemnoth verbleibt nicht als solches, sondern verbindet sich mit der Traumvorstellung eines äusseren Druckes, eines auf der Brust lastenden Thieres, oder einer grossen, die Herz- und Athembewegungen hemmenden Gefahr.

G. Geistesthätigkeiten.

628.

Man unterscheidet das unwillkürliche oder einen verhältnissmässig nur geringen Willenseinfluss voraussetzende Denken, im Gegensatz zu den in hohem Grade willkürlichen Formen: dem eigentlichen Nachdenken. Die Operationen der ersten Art werden angeregt durch sinnliche Eindrücke, deren Wechsel man sich einfach hingibt, oder durch Vorstellungen, wie sie der gewöhnliche Gedankenfluss, eine halb unwillkürliche Ideenassociation mit sich bringen. Beim eigentlichen Nachdenken dagegen gilt es, einen Gegenstand beharrlich zu verfolgen, sich zu sammeln, die Aufmerksamkeit strenge zu concentriren. Diess ist im vollen Umfang nur möglich einestheils unter gewissen äusseren Nebenbedingungen: Stille der Umgebung, Abhaltung heftiger Reize u. dergl., anderntheils unter der Voraussetzung bestimmter körperlicher Zustände, namentlich einer relativen Ruhe und Harmonie der organischen Funktionen. Alle bedeutenden Steigerungen des Stoffwechsels, oder das auffallende Hervortreten bestimmter Verrichtungen, z. B. angestrengte Verdauungsthätigkeit oder Muskelarbeit, hemmen das eindringliche Denken mehr oder weniger. Viele körperliche Erscheinungen, welche das letztere begleiten, z. B. die Seltenheit der Herz- und Athembewegungen, das geringere Respirationsbedürfniss u. s. w. sind somit Folgen des ruhigen Ablaufes der Körperverrichtungen, des Zurücktretens der Sinnesreize, des Mangels an stärkeren Erregungen des Organismus von aussen her, durchaus aber nicht physiologische Wirkungen des Denkprocesses als solchen. In Folge der, bestimmten Dingen zugewandten, Aufmerksamkeit können mancherlei Sinnesempfindungen, ja selbst Gemeingefühle, wie Hunger und Durst, ausfallen und überhaupt periodische Erscheinungen, z. B. Schlaf, oder bestimmte individuelle Gewohnheiten, vorübergehend zurückgedrängt werden. Der Stoffwechsel wird somit durch das Nachdenken, wenigstens in den meisten seiner Einzelerscheinungen gemindert; eine passende Einrichtung der Lebensweise aber, der gehörige Wechsel zwischen geistiger und körperlicher Arbeit und die Vermeidung schwerverdaulicher Kost, kann jene Wirkungen erfahrungsgemäss ausgleichen und eine kräftige Körperkonstitution mit guter Verdauung und gesundem Appetite anhaltend bewahren. Dazu kommt noch, dass die mit dem ungehemmten Denken sich so gerne verbindenden psychischen Gefühle der Lust, der Befriedigung u. s. w. sammt ihren früher geschilderten körperlichen Wirkungen, dem Organismus zum Vortheil gereichen, wie denn überhaupt der richtige Wechsel und die gehörige Mannigfaltigkeit der Thätigkeiten, der geistigen wie körperlichen, als ein Hauptmittel der Diätetik bezeichnet werden muss.

Trifft der Fluss der Gedanken auf namhafte Hindernisse, so bleiben leibliche Wirkungen niemals aus; es treten mindestens bestimmte mimische Bewegungen des Gesichtes, der Arme u. s. w. auf, als fast regelmässige Begleiter entweder der intenseren und schwierigeren Vorstellungen (527) oder der nunmehr sich einstellenden Gefühle von Unlust, Nichtbefriedigung, Verdriesslichkeit u. s. w. Die Wirkungen auf den Gesammtorganismus werden aber gesteigert, wenn das Nachdenken unter fortgesetzten Hemmnissen von Statten gehen soll. Hieher gehören: 1) individuelle Zustände, ausgeprägte Gemüthsstimmungen excitirender sowohl als ganz besonders deprimirender Natur, Neigung zum Schlaf, grosse Müdigkeit des Körpers, Schmerzen, viele Krankheiten u. s. w. 2) Anhaltend fortwirkende äussere Reize, von deren, den Gedankengang störenden, Perception nur mittelst einer gewissen Willensanstrengung abstrahirt werden kann. Ganz besonders aber 3) die im Verlaufe des Nachdenkens allmälig sich einstellende geistige Ermüdung. Eingenommenheit des Kopfes oder förmliche Kopfschmerzen sind die nächsten Folgen; dieselben hängen wohl ab von der veränderten Blutcirculation durch das Gehirn und von der Ermüdung der in Anspruch genommenen Stirn- und Augenmuskulatur (452). Die den Zustand begleitenden Unlustgefühle veranlassen veränderten Modus des Athmens, erhöhte Pulsfrequenz, leichte Steigerung der Körpertemperatur (J. Davy), namentlich aber auch eine Reihe von Nachwirkungen, wie Müdigkeit, gehemmter Schlaf, geminderte Verdauung u. s. w.

XXX. Körperzustände bedingt durch atmosphärische Einflüsse.

A. Lufttemperatur.

629. Stoffwechsel.

Die Temperatur übt die tiefgreifendsten Einflüsse aus auf die gesammte organische Welt. Auch der menschliche Körper ist ihren Einwirkungen in hohem Grade zugänglich, zeigt aber auf der andern Seite ein grosses Accommodationsvermögen, welches ihn befähigt, in der kalten Zone wie in den Tropenländern die Integrität seiner Verrichtungen zu bewahren und selbst Temperaturextreme zu ertragen, welche die Körperwärme beträchtlich übertreffen, oder 40—50 ° unter den Gefrierpunkt sinken.

In 257 wurden die nächsten Beziehungen der Lufttemperatur zur Stärke des Stoffwechsels und der Wärmebildung in den, physiologisch so verschiedenen,

gleichwarmen und wechselwarmen Thieren betrachtet. Niedere Temperatur steigert, höhere mindert den Gesammtstoffwechsel der Gleichwarmen.

Appetit, Verdauung und Aufsaugung sind gesteigert in der Kälte; wir verdauen im Winter schneller und vollständiger; reichliche Mahlzeiten, grössere Mengen genossener Fette und Eiweisskörper, überhaupt schwerer dauliche Substanzen werden mit geringeren Beschwerden bewältigt als im Sommer. In diesem haben wir, ausser gesteigertem Durst, ein instinktmässiges Verlangen nach leichterer, minder nahrhafter Kost. In der kalten Jahreszeit ist der Körper fettreicher und nach Sanctorius schwerer (etwa um 2—3 Pfunde). Nach Barral verhielten sich bei einem erwachsenen Manne die 24stündigen Einnahmen und Ausgaben (in Grammen) folgendermaassen:

	Einnahmen.			Ausgaben.			
	Feste und flüssige Nahrung	Atmosphärischer Sauerstoff	Totalsumme	Wasser der Respiration und Cutis	Kohlensäure	Fäces und Urin	Andere Verluste
Winter	2755,0	1061,5	3816,5	1287,5	1230,9	1265,0	32,8
Sommer	2386,0	777,3	3163,3	1141,6	888,4	1099,4	33,9

630. Allgemeine Bedeckungen.

Keine organische Thätigkeit ist so unmittelbar und in so hohem Grade abhängig von der Lufttemperatur als die Hautfunktion. Die Wärme vermehrt, die Kälte dagegen mindert die Thätigkeiten der allgemeinen Bedeckungen, welche überhaupt grössere Schwankungen in Folge von Temperatureinflüssen bieten als die Mehrzahl der übrigen Organe.

In der Kälte fliesst wenig Blut durch die, in der Regel blasse, Cutis, deren Temperatur mehr oder weniger gesunken ist. Die Gefässe der Cutis sind verengt, die ruhende Wandschicht der Capillaren hat verhältnissmässig bedeutend zugenommen und damit der Widerstand, den der Blutstrom zu bewältigen hat (Poiseuille). In Folge des Hervortretens der Haarbälge bekommt die Haut eine gewisse Rauhigkeit. Die Perspiration und namentlich die Neigung zur Schweissbildung ist bedeutend gesunken, an nackten Körperstellen ist Schweiss sogar unmöglich.

In der Wärme dagegen ist die Haut blutreicher, ausgedehnt, weicher, glätter; oft auch etwas dunkeler pigmentirt; die sensorischen Thätigkeiten der Haut sind erhöht; der perspiratorische Gaswechsel nimmt bedeutend zu, Schweiss tritt häufig und in grosser Menge ein. Die Secretion des Hauttalges ist viel stärker; alle Epidermoidalgebilde zeigen ein kräftigeres Wachsthum.

Nach Berthold wachsen die Nägel im Sommer etwa um ein Drittel schneller als im Winter; Moleschott bekam geringere Unterschiede; um 11 Millim. weiter zu wachsen brauchte der Nagel im Winter 102, im Sommer 88 Tage.

Brauchbare Messungen der Perspirationsgrösse, namentlich über die, hier vor Allem in's Gewicht fallende, Wasserabgabe der Cutis fehlen.

631. Blutlauf und Athmen.

Im Winter ist die relative Füllung des Arteriensystems, sowie (nach J. Davy und Nasse) der Farbeunterschied zwischen dem arteriellen und venösen Blut grösser als im Sommer, auch dürfte in ersterem die proportionale Blutmenge, der Fibringehalt und die Summe der festen Bestandtheile des Blutes eine gewisse Zunahme erfahren. Thiere, die Magendie in hohen Temperaturen allmälig zu Grunde gehen liess, zeigten einen geringen Fibringehalt des Blutes. Die mittlere Pulsfrequenz ist im Winter kaum etwas höher als im Sommer, die Ausgiebigkeit der Herzcontractionen und somit die in der Zeiteinheit umgetriebene Blutmasse wird dagegen in der kalten Jahreszeit etwas grösser sein.

Viel eingreifender sind die Temperaturwirkungen auf die Respiration. Die Bewohner nördlicher Länder zeigen einen entwickelteren Thorax; im Winter ist der Blutvorrath der Lungen wahrscheinlich erheblich grösser. Mit zunehmender Kälte vermehren sich die Zahl und Tiefe der Athembewegungen, der Kohlensäuregehalt der ausgeathmeten Luft, also auch das geathmete Luftvolumen und die absolute Kohlensäuremenge (Vierordt); ferner die Sauerstoffabsorption (Lavoisier und Seguin). Direkte Bestimmungen der Wassergasmengen, welche beim Athmen in der kalten und warmen Jahreszeit abgegeben werden, fehlen. Geht man von den durchschnittlichen Feuchtigkeitsgraden aus, welche den verschiedenen Temperaturen der Atmosphäre entsprechen, sowie von der annähernd gerechtfertigten Annahme, dass die Ausathmungsluft in der kalten wie warmen Atmosphäre auf 37° C. temperirt und mit Wassergas gesättigt sei, so kommt man zum Resultat, dass in der Wärme weniger Wasser im Respirationsapparat abdunstet, als in der Kälte.

Der Einfluss der Temperatur ist selbst bei einer mit vorwiegendem Aufenthalt im Zimmer verbundenen Lebensweise noch sehr deutlich. Theilte Vierordt seine Einzelbeobachtungen in 2 Temperaturrubriken, so ergaben sich folgende Werthe:

			8°,37 C.	19°,40 C.	Differenzen.
in 1 Minute	Pulsschläge		72,93	71,29	1,64
in 1 Minute	Athemzuge		12,16	11,57	0,59
in Cub. Cent. M.	Volum einer Exspiration		548,0	520,8	27,2
in Cub. Cent. M.	Exspirirte Luft	in der Minute	6672	6016	656
in Cub. Cent. M.	Exspirirte Kohlensäure	in der Minute	299,3	257,8	41,5
	% Kohlensäure		4,48	4,28	0,2

Barral fand eine stündliche Sauerstoffabsorption des Menschen im Juli (20°,8 Mittelwärme) von 31,7 Grammen, im Januar (—0°,5) von 45,2 Grammen. An Kaninchen erhielt Sanders-Ezn unterhalb 8° C. ein Drittel mehr Kohlensäure, als in einer Luft von über 38°.

632. Harn.

Mit zunehmender Luftwärme sinkt die Harnmenge bedeutend und der Urin wird — jedoch nicht im Verhältniss zur Volumminderung — concentrirter. Gewöhnlich compensirt aber das reichlichere Wassertrinken das Deficit des

Harnvolums wenigstens theilweis. Dass der gesteigerte Stoffwechsel im Winter die absoluten Mengen der festen Harnbestandtheile erhöht, versteht sich von selbst; zuverlässige Mittelwerthe der Bestandtheile des Winter- und Sommerharnes, entsprechend der Verschiedenheit der Nahrungsweise in beiden Jahreszeiten, fehlen noch; nach Smith ist die Harnstoffbildung in der wärmeren Hälfte des Jahres um $^1/_6$ gemindert. Die Wirkungen der Lufttemperatur auf die Menge und sonstige Beschaffenheit des Harnes treten reiner hervor in längeren Versuchsreihen mit Tag für Tag gleicher Nahrung und sonstiger Lebensweise; Kaupp erhielt alsdann für ein Steigen der Luftwärme um 1° R. (vorausgesetzt dass die Temperaturextreme ausgeschlossen bleiben) eine Minderung 1) des Harnvolumens um etwa 3 % (Sick kam auf einen Werth von 3,4 %), 2) des Harnstoffes um $^1/_3$ %, 3) des Chlornatriums um $^3/_4$ %, 4) der Summe der übrigen Harnbestandtheile um 2 %. Nach Sick nimmt die Phosphorsäure und nach Parkes die Schwefelsäure bei höheren Lufttemperaturen nicht ab.

Sick erhielt im Sommer bei einer mittleren Tagestemperatur von 15°,6 R. ein durchschnittliches Harnvolum von 2785, bei 12°,0 dagegen von 3097 C. C. M. Kaupp's Versuche, nach den Temperaturen geordnet, ergaben folgende 24stündige Endwerthe:

Mittlere Tagestemperatur (R°.)	Harnstoff in Grmm.	Harnvolum in C. C. M.
7,6	35,6	2430
9,6	35,1	2367
11,7	34,1	2406
14,1	33,8	2327
15,8	34,1	2218
17,6	34,2	2223
20,6	33,5	1725.

633. Körperwärme.

In der Kälte nehmen die Wärmeverluste des Körpers zu; doch greifen mehrfache, für die Wärmeökonomie wichtige, besonders von Bergmann hervorgehobene Compensationseinrichtungen ein, welche den Wärmeverlust regeln. Die allgemeinen Bedeckungen, welche bei mittlerer Temperatur etwa 87 % aller Wärmeabgaben übernehmen, spielen hier die Hauptrolle. In der Kälte wird einer übermässigen Abkühlung vorgebeugt durch die niedrigere Temperatur und die geminderte Blutcirculation in der Cutis. Dadurch wird 1) der Verlust an strahlender Wärme ermässigt und 2) das Perspirationswasser der Haut bedeutend gemindert und damit die Verdunstungskälte beschränkt. In höherer Temperatur muss dagegen die Abkühlung befördert werden, weil der Verlust an strahlender Wärme hier geringer ist. Diess geschieht durch die Verdunstung des in hohem Grad vermehrten Perspirationswassers; dasselbe stellt nunmehr das Hauptabkühlungsmittel des Organismus dar. Entsprechende Bekleidungsweisen (und diesen analoge Schutzmittel bei Thieren) unterstützen die genannten Regulatoren der Wärmeabgabe in der Kälte und Wärme.

Die starke Wärmeabgabe im Winter führt zu gesteigerter, der geringere

Wärmeverlust im Sommer zu geminderter Neubildung von Wärme; Abfuhr und Neubildung entsprechen sich aber, sodass der Körper auch hier seine Temperatur nahezu gleichmässig bewahrt. Im Sommer ist letztere nur ein wenig, in Tropenländern $^1/_4$—$^1/_2$° C., gesteigert (J. Davy). Dagegen findet ein wesentlicher Unterschied in der Temperaturvertheilung statt: der Temperaturunterschied zwischen der Körperoberfläche und den inneren Organen ist gross in der Kälte, gering in der Wärme.

634. Muskel- und Nervensystem.

In der warmen Jahreszeit geschehen die willkürlichen Bewegungen minder kräftig als in der kalten. Die Bewohner der Tropenländer sind durchschnittlich schwächer als die in gemässigten Climaten Lebenden; auch der Europäer verliert in der heissen Zone einen guten Theil der gewohnten Leistungsfähigkeit seiner Muskeln. Im Sommer fallen uns namentlich nach der Mahlzeit stärkere Bewegungen, ja selbst das Sprechen und Singen schwer, wogegen wir im Winter die Körperbewegung mit Vortheil gerade in die Verdauungszeit verlegen. Die Neigung zu Reflexbewegungen und krampfhaften Affectionen ist im Sommer grösser und das Nervensystem überhaupt reizbarer, der Schlaf kürzer und weniger tief. In höherer Temperatur sind wir psychisch entschieden weniger aufgelegt und thätig, anhaltendes Denken stengt mehr an, das Gedächtniss ist minder frisch, das Gemüth reizbarer, die Affekte und Leidenschaften stärker. Die grössere Häufigkeit der Selbstmorde, der Verbrechen an Personen, der Geisteskrankheiten, sowie mancher Affectionen des Gehirnes in der warmen Jahreszeit spricht für einen tiefgreifenden Einfluss der Wärme auf die Nervencentren.

B. Luftdruck.

635. Vorübergehende starke Luftdruckminderung.

Der Mensch besitzt auch diesen Einwirkungen gegenüber eine grosse Accommodationsfähigkeit. So sind z. B. mässige Erhebungen im Luftballon von keinen bedeutenden Erscheinungen begleitet, ja selbst solche auf beträchtliche Höhen haben, wenigstens in manchen Individuen, keine so tiefgreifenden Wirkungen veranlasst, als von vorneherein erwartet werden mochte. Die höchste, bis jetzt bekannte Erhebung (England) führte sehr schnell bis auf 37000 Fusse; sie war bei einem der Luftschiffer von schweren Nerven- und Muskelerscheinungen und einem ohnmachtähnlichen Zustand begleitet.

Im Luftballon, viel mehr aber bei der Besteigung hoher Berge, hat man es mit so zahlreichen verschiedenartigen Einflüssen (kalte und trockene Luft, Muskelanstrengung u. s. w.) zu thun, dass diese Erfahrungen keine reinen Aufschlüsse über die Wirkungen der Luftdruckminderung verschaffen.

In Folge bedeutender und plötzlicher Minderung des Luftdruckes wer-

den die oberflächlichen peripheren Theile reicher an Blut und Gewebflüssigkeit; die Hautvenen schwellen an; es können selbst Berstungen von Capillaren der Lippen, des Zahnfleisches, der Lungen und somit Blutungen aus diesen Theilen in einzelnen Fällen eintreten. Die Perspiration der Cutis nimmt sehr zu, auch stellen sich reichliche Schweisse ein. Das Athmen ist mit einem Gefühl von Beengung verbunden, die Athemzüge sind unregelmässig, tiefer und, sowie auch der Puls, häufiger. Die Harnmenge sinkt bedeutend. Die Stimme verliert an Kraft und nimmt einen anderen Timbre an; die Muskeln ermüden leichter, besonders die der untern Gliedmaassen, indem der geminderte Luftdruck weniger als sonst dazu beiträgt, den Schenkelkopf in der Pfanne zu halten, eine Aufgabe, die nunmehr den über das Hüftgelenk gespannten Muskeln in erhöhtem Grade zufällt. Das Trommelfell wird anfangs, bis das Gleichgewicht durch die Eustachi'sche Röhre wieder hergestellt ist, stark nach auswärts gespannt und dadurch, ausser Ohrenschmerzen, auch Schwerhörigkeit veranlasst. Schläfrigkeit, Kopfschmerzen, Schwindel, selbst Ohnmacht können in einzelnen Fällen, wohl als Folgen der venöseren Beschaffenheit des Blutes und des verminderten Blutgehaltes des Gehirnes eintreten.

Lehmann setzte Vögel und kleine Säugethiere einem Luftdruck von 24″—22″ aus: er erhielt ziemlich schwankende Werthe, im Durchschnitt aber bei vermindertem Druck eine geringe Abnahme der exspirirten Kohlensäure.

636. Vorübergehende starke Luftdruckvermehrung.

Am Zweckmässigsten werden diese Einflüsse untersucht in pneumatischen Apparaten, die man neuerdings (seit Pravaz und Junod) therapeutisch verwendet. Die Wirkungen des, bis selbst um's $4^{1}/_{2}$fache, verstärkten Luftdruckes konnten in neuester Zeit selbst im Grossen ermittelt werden, indem Triger die verdichtete Luft anwandte, um bei Grabarbeiten das Eindringen von Wasser zu verhindern. Aehnlichen, jedoch minder reinen, Einflüssen ist der Bergmann in tiefen Schachten und der Taucher auf dem Meeresgrund ausgesetzt.

Wird der Luftdruck etwa um eine halbe Atmosphäre gesteigert, so entsteht anfangs eine gewisse Unruhe des Körpers; die Muskelbewegungen erfolgen lebhafter; die Lungen sind stärker mit Luft gefüllt; die Athemzüge werden unregelmässiger, seltener und (in der Mehrzahl der Fälle) tiefer; die Einathmung dauert viel kürzer als die Ausathmung; die Pause nach der Exspiration tritt deutlich hervor. Diese Veränderungen der Athembewegungen können beim häufigen Athmen in verdichteter Luft als Nachwirkungen längere Zeit fortbestehen. Nach Pravaz soll die Kohlensäureausscheidung steigen bei mässig comprimirter Luft, dagegen wieder fallen bei höheren Pressionen.

Das Sprechen ist erschwert, bei $2^{1}/_{2}$ Atmosphärendruck kann man nicht mehr pfeifen; die Stimme zeigt einen näselnden Klang. Die Haut soll blutärmer, blässer werden, die oberflächlichen Venen sollen abschwellen, Perspi-

ration und Urinmenge sinken. (Anderen Behauptungen zufolge sei dagegen die Perspiration vermehrt und Schweiss häufig.) Die Pulsfrequenz nimmt, nach anfänglicher Steigerung, erheblich ab. Appetit und Körpergewicht nehmen zu beim öfteren Athmen in verdichteter Luft. Als Erstwirkung der verdichteten Luft wird das Trommelfell einwärts bewegt, man hört schwer und verspürt, in Folge der starken Trommelfellspannung, Schmerzen im Ohr; bald aber tritt die dichte Luft unter einem Knall auch in die Trommelhöhle, sodass das Trommelfell wieder die gewöhnliche Lage gewinnt; dann hört man selbst schärfer als vorher.

Der längere Zeit fortgesetzte tägliche mehrstündige Aufenthalt in stark comprimirter Luft (nach Triger's Methode) führte nachträglich zu zahlreichen Erkrankungen der Muskeln, des Respirationsapparates, vor allem aber des Gehörs, so dass tiefgreifende physiologische Wirkungen unter solchen Umständen nicht geläugnet werden können. Dabei scheint vorzugsweis der Uebergang aus der verdichteten Luft der Arbeitsräume in die freie Atmosphäre, nicht aber die umgekehrte Veränderung gefährlich zu werden.

637. Normale Luftdruckschwankungen.

Die Verschiedenheiten des Luftdruckes an demselben Ort bieten das grösste praktisch-medicinische Interesse; man hat sich übrigens sehr zu hüten, die in 635 und 636 beobachteten Wirkungen ohne Weiteres auf die in Rede stehenden Verhältnisse überzutragen.

Der Barometerstand wechselt an demselben Ort nicht bedeutend, die jährlichen höchsten und tiefsten Stände in Paris um ungefähr 1½ Zolle d. h. um 1/18 des Gesammtwerthes. Demnach können auch die physiologischen Wirkungen dieser Variationen keine tiefgreifenden sein, wohl aber lassen sie sich in einer längeren Beobachtungsreihe deutlich nachweisen. Wurden die Versuche Vierordt's je nach den höheren oder niederen Barometerständen (par. Lin.) zusammengestellt, so ergab sich:

			332''',04	337''',71	Unterschiede
	in 1 Minute	Pulsschläge	70,9	72,2	+ 1,3
	in 1 Minute	Athemzüge	11,58	12,32	+ 0,74
in C. C. M. reducirt auf 37° C. und 336''' Bar.	Volum einer Exspiration		528,6	529,2	0
in C. C. M. reducirt auf 37° C. und 336''' Bar.	Ausgeathmete Luft	in 1 Minute	6121	6607	+ 586
in C. C. M. reducirt auf 37° C. und 336''' Bar.	Ausgeathm. Kohlensäure	in 1 Minute	272,5	271,1	= 0
	% Kohlensäure		4,45	4,14	— 0,31

Die absolute Kohlensäure bleibt also von den gewöhnlichen Luftdruckschwankungen unberührt. Auf die bedeutende Vermehrung des % Kohlensäuregehaltes der Ausathmungsluft beim niederen Barometerstand hat schon Prout hingewiesen; die Ursache liegt in dem Seltenerwerden der Athemzüge, welches die Ansammlung der Kohlensäure in der Lungenluft begünstigt.

C. Wassergehalt der Luft.

638.

Die Atmosphäre enthält bekanntlich immer Wassergas und zwar durchschnittlich um so grössere absolute Mengen, je wärmer sie ist. Trocken heisst die Luft, welche lange nicht soviel Wassergas führt, als sie aufnehmen kann vermöge ihrer Temperatur; ist aber letzteres der Fall, so heisst die Luft gesättigt. Von den in einem gegebenen Luftvolum enthaltenen absoluten Wassergasmengen sind zu unterscheiden die Feuchtigkeitsgrade, d. h. das Verhältniss des vorhandenen Wassergases zu derjenigen Wassermenge, welche die Luft aufnehmen könnte bei ihrer Temperatur. Am feuchtesten ist die Luft zur Zeit des Sonnenaufganges; mit steigender Temperatur nimmt die Feuchtigkeit allmälig ab; das Maximum der Trockenheit ist erreicht in den ersten Nachmittagsstunden, von wo an die Wassergasprocente allmälig wieder zunehmen. December und Januar sind unsere feuchtesten, Juli und August unsere trockensten Monate. Die durchschnittliche Luftfeuchtigkeit beträgt in unserem continentalen Clima einige 70%.

Die Feuchtigkeitsgrade der Atmosphäre gewinnen, da sie die Stärke der Verdunstung bestimmen, für den Organismus eine eingreifende Wichtigkeit. Mittlere Werthe der Luftfeuchtigkeit sind im Allgemeinen die zuträglichsten. Je feuchter die Luft, desto mehr wird (Gleichheit der übrigen Bedingungen vorausgesetzt) die Wasserverdunstung der Haut und Lungen beschränkt, desto seltener stellt sich Durstgefühl ein, desto stärker aber sondern die Nieren ab. Bei mittleren Temperaturen ist die Harnmenge, an Tagen durchschnittlicher Luftfeuchtigkeit, geschweige denn an sehr trockenen Tagen, um etwa $^1/_6$—$^1/_5$ geringer als an feuchten.

In feuchter Luft ist der Gewichtsverlust des Körpers durch die Athmung und Perspiration, wie W. Edwards zeigte, gemindert; dessgleichen, wegen der geringeren Wasserverdunstung, die Wärmeabgabe; desshalb frieren wir in kalter trockener Luft mehr als in gleichkalter aber feuchter. Auf der andern Seite ist die Wärmeabgabe am meisten erschwert in feuchtwarmer Luft, was in hohem Grade erschlaffend auf das Muskel- und Nervensystem wirkt; die Bewegungen geschehen träger, wir sind geistig nicht gehörig aufgelegt, Gefühle voller Euphorie sind seltener; das Athmen ist mit einer gewissen Beengung verbunden, Schweisse stellen sich häufig ein, Appetit, Verdauung und Resorption sind gemindert.

Viele Angaben über den Einfluss der Luftfeuchtigkeit sind rein erschlossen; möglicherweis greifen Compensationsmittel ein, welche den Organismus vor extremen Zuständen bewahren. Auch hier scheint die bloss vorübergehende Einwirkung künstlich trockener oder feuchter Luft zum Theil andere physiologische Effecte zu bedingen, als die anhaltende. Lehmann erhielt an kleinen Vögeln und Säugethieren beim vorübergehenden Aufenthalt in feuchtwarmer Luft viel höhere Kohlensäurewerthe als in trockenwarmer;

z. B. 1 Kilogr. Kaninchen lieferte bei 37 ° C. in trockener Luft 0,45 Gramm, in feuchter dagegen 0,68 Gramm Kohlensäure stündlich. Lehmannn leitet die höheren Werthe von der in Folge der Athembehinderung der Thiere gesteigerten Frequenz und Tiefe der Athembewegungen ab. Moleschott und Schelske fanden an Fröschen ebenfalls geringere Kohlensäurewerthe in trockener Luft.

D. Licht.

639.

Dieses im Gesammthaushalt der Natur so mächtige Agens übt auf die niedere Thierwelt, vorzugsweise aber auf die Pflanzen, ungleich tiefgreifendere Wirkungen aus als auf die höheren Thiere, namentlich die Warmblüter. Die Beziehungen der letzteren zum Licht beschränken sich vorzugsweis auf das Auge, wogegen eine direkte Abhängigkeit der vegetativen Processe von der Stärke oder Farbe des Lichts (indirekte Einflüsse wollen wir nicht läugnen) nicht zu bestehen scheint. Nach Moleschott bilden Frösche mehr Kohlensäure in der Helligkeit als, Gleichheit der übrigen Aussenbedingungen vorausgesetzt, im Dunkeln. Der Bewölkungsgrad ist von mächtigem Einfluss auf unser Gemüth; an trüben Tagen sind wir weniger heiter; die Zustände vollster körperlicher Euphorie fallen vorzugsweis auf lichthelle Tage. Die ohne Zweifel alsdann stattfindende Steigerung der Lebensthätigkeiten dürfte grossen Theils, wo nicht ausschliesslich, von jenen psychischen Einflüssen abzuleiten sein.

Reine Beobachtungen über die Wirkungen anhaltend geminderter Lichtgrade auf den Menschen gibt es nicht. Die Pigmentablagerung der Haut scheint beim Lichtmangel gemindert zu sein.

XXXI. Periodische Körperzustände.

A. Vorbemerkungen.

640. Periodische Erscheinungen überhaupt.

Alle Thätigkeiten unseres Körpers zeigen ein periodisches Verhalten, indem dieselben Erscheinungen, mehr oder weniger regelmässig, nach bestimmten Zeiten wiederkehren. Die Periodicität ist überhaupt ein durchgreifendes Phänomen in der gesammten Natur; sie findet sich in allen Organismen und, mannigfaltig modificirt, in sämmtlichen, also auch krankhaften Zuständen derselben. Die Thiere bieten in der regelmässigen Wiederkehr der Brunst, des Winterschlafes, des Wanderns, der Aenderungen des Gefieders und der Haare u. s. w. auffallende

Beispiele in Menge dar. Im kranken Leben treten eigenthümliche Aeusserungen der Periodicität auf, deren Zeitmaasse (wie die Anfälle des Wechselfiebers) keine Analogieen mit Periodicitäten des normalen Körpers bieten.

Wir unterscheiden in Bezug auf die äusseren Formen: I. Die Periodicität der intermittirenden Erscheinungen. Die Funktionen zeigen nämlich nicht bloss einen Wechsel zwischen Thätigkeit und Ruhe, sondern es ist dieser Wechsel an bestimmte durchschnittliche Zeitmaasse gebunden. Es gibt a) Erscheinungen mit kurzen Pausen; z. B. alle $^4/_5$ Sekunde kehrt ein Herzschlag, alle 5 Sekunden ein Athemzug wieder. b) Thätigkeiten mit längeren, selbst sehr langen, Intervallen z. B. Nahrungsbedürfniss, Fäcalentleerung, Schlaf, Menstruation u. s. w. II. Die Periodicität der kontinuirlichen Erscheinungen. Auch die unausgesetzt erfolgenden Thätigkeiten, z. B. die Harnbereitung, erhalten sich nicht auf gleicher Höhe; die Zustände gesteigerter und geminderter Energie wechseln aber nicht regellos unter einander ab, sondern in einer gewissen Ordnung.

Ferner unterscheiden wir, je nachdem die periodischen Funktionen von äusseren oder von inneren, im Organismus selbst liegenden, Ursachen bedingt sind eine »äussere« Periodicität im Gegensatz zur »inneren.«

641. Aeussere Periodicität.

Zu den (absolut oder relativ) äusseren Ursachen der cyklischen Erscheinungen im Körper gehört 1) die Summe der den Organismus bestimmenden, periodischen Einflüsse der Aussenwelt und 2) die zeitliche Einrichtung der Lebensweise und des Gebrauches unserer Funktionen.

Der Lauf der Erde um die Sonne, sowie die Rotation der Erde um ihre eigene Axe rufen die eingreifendsten Veränderungen auf unserem Planeten hervor und damit regelmässige, mit den Jahres- und Tageszeiten zusammenfallende Modifikationen vieler der wichtigsten Lebensbedingungen, z. B. der Lichtstärke, Temperatur und Feuchtigkeit der Atmosphäre u. s. w. Dem entsprechen bestimmte periodische Veränderungen im Organismus selbst, über deren Vorhandensein, Nothwendigkeit und Deutung keine Zweifel bestehen.

Ueber die Abhängigkeit des Organismus vom Mond herrscht ein alter Streit; die angeführten Thatsachen, welche eine solche beweisen sollen, sind entweder nicht ganz zuverlässig oder sie lassen andere Auffassungen zu. Die Menstruation kehrt zwar durchschnittlich wieder nach je 28 Tagen, d. h. einem Mondsmonat; aber es gibt zu allen Zeiten menstruirte Weiber. Das Zusammenfallen der Menstruation mit dem Mondsmonat ist also ein Zufall. Auf gewisse medicinische Erfahrungen, die auf eine irgendwie vermittelte, freilich sehr beschränkte, Bestimmbarkeit einzelner Krankheiten durch die Mondphasen hindeuten, kann nicht eingegangen werden. Nur sei bemerkt, dass nicht sämmtliche Behauptungen der Art geradezu für falsch erklärt werden dürfen; wir sträuben uns gegen keine, noch so seltene oder vorerst unbegreifliche Thatsache, nur verlangen wir eine sichere Constatirung derselben.

Andere periodische Erscheinungen hängen von der willkürlichen Gebrauchsweise unserer Organe und Funktionen ab. Viele der letzteren sind von eingreifendem Einfluss auf den Gesammtorganismus; vertheilt man desshalb die

Thätigkeitsperioden der Einzelorgane, z. B. des Verdauungsapparates, der Muskeln u. s. w., auf bestimmte Tagesstunden, so muss auch der Organismus Tag für Tag entsprechende Veränderungen bieten.

642. Innere Periodicität.

Folgende periodische Erscheinungen können unmöglich von äusseren Ursachen abgeleitet werden. 1) Die Verdauung, die Muskelthätigkeit u. s. w. steigert den Stoffwechsel; diejenigen Tageszeiten, in welche diese Verrichtungen bei einer irgendwie durchgeführten, aber strenge eingehaltenen Lebensweise fallen, bieten demnach bestimmte, regelmässig wiederkehrende Intensitäten des Stoffwechsels. Nun ist es aber keineswegs gleichgültig, in welche Tageszeiten die Einzelthätigkeiten verlegt werden; die Verdauung z. B. ist Mittags von viel eingreifenderen constitutionellen Erscheinungen begleitet als Abends u. s. w. Der Organismus befindet sich also im Verlauf des Tages in verschiedenen Stimmungen, welche periodisch wiederkehren und vermöge welcher ein und derselbe äussere Einfluss, oder dieselbe innere funktionelle Thätigkeit, die Gesammtconstitution in sehr verschiedener Weise verändern. 2) Fallen diese, die Funktionen abändernden, periodischen Ursachen weg, so bleiben die entsprechenden Wirkungen zwar grossentheils, aber nicht vollständig aus (648). 3) Mit zu- oder abnehmender Stärke der äusseren, periodisch auftretenden Ursache wächst und steigt zwar auch die Wirkung derselben auf den Organismus, doch findet eine genauere Proportionalität nicht statt. Das Schlafbedürfniss z. B. hängt ab von einer grossen Zahl gekannter und ungekannter, im Verlauf einer gewissen Zeit den Körper umstimmender Ursachen; gleichwohl stellt sich der Schlaf in der gewohnten Stunde ein, jene voraufgegangenen Ursachen mögen mit grosser oder mit geringerer Intensität aufgetreten sein, wir mögen den Tag über so oder anders gelebt haben.

Für das Walten cyklischer Einflüsse spricht die für den Nachtschlaf, namentlich aber den Mittagsschlaf geltende Thatsache, dass wir zwar zur gewohnten Zeit schläfrig, jedoch, nachdem diese vorüber ist, wieder munter werden. Weiteres in 650.

Obige Erscheinungen hängen von tiefer liegenden Ursachen ab. Wir haben die Periodicität zwar ein generelles Phänomen der gesammten Erscheinungswelt genannt, doch unterscheiden sich die cyklischen Ereignisse in der unorganischen Natur dadurch, dass sie ausschliesslich von ausser ihnen liegenden Ursachen bestimmt werden, wogegen im Organismus auch innere, ihm eigenthümliche periodische Einflüsse sich geltend machen. Der Organismus hat also eine gewisse Selbstständigkeit gegen Aussen hin; er bewahrt, wenigstens bis zu einem gewissen Grad, sein von inneren Ursachen abhängiges, cyklisches Verhalten auch unter mehr oder weniger veränderten äusseren Bedingungen.

Die inneren Gründe dieses cyklischen Verhaltens sind unbekannt. Wir müssen uns desshalb auf die Nennung der Grundeigenschaften des Organismus beschränken, aus denen die Nothwendigkeit der Periodicität wenigstens im All-

gemeinen hervorgeht: I. Jede Anstrengung bedingt Erschöpfung; auf Perioden erhöhter Leistungen folgen ausnahmslos solche geminderter Leistungen oder der Ruhe. So oft der zeitliche Ablauf irgend einer Funktion messend verfolgt wurde, ist dieses Gesetz von den Experimentatoren bestätigt gefunden worden und zwar nicht bloss in den einfachen, ja selbst elementaren Vorgängen, sondern auch an den complicirtesten Leistungen. II. Eine längere Zeit eingehaltene cyklische Thätigkeit, also auch eine bestimmte Lebensweise, gibt den Organen und Funktionen einen gewissen dauernden Eindruck.

Wir verlegen unsere Thätigkeiten instinktmässig in die passendsten Tageszeiten und je mehr das geschieht, desto harmonischer gestalten sich die Funktionen. Es begreift sich, dass alsdann die cyklischen Körperverrichtungen einen in erhöhtem Grade geregelten Gang annehmen.

B. Tägliche Periode.

643. Körperwärme.

Die Schwankungen der Körperwärme im Verlauf der Tageszeit betragen etwa $^3/_4{}^0$—1,1 C.; in Greisen und Kindern sind sie etwas grösser. Nachts ist die Temperatur am niedersten; die Zeit des Minimums ist nicht genau bestimmt. Der Gang der täglichen Temperaturcurve ist, soweit sich die Angaben der Beobachter vereinigen lassen, etwa folgender, wobei ein mässiges Frühstück bald nach dem Aufstehen (etwa um 7 Uhr), die Hauptmahlzeit zwischen 12 bis höchstens 2, und die Abendmahlzeit zwischen 8—9 Uhr vorausgesetzt wird. Nach dem Erwachen steigt die Wärme, sie erreicht ein Maximum zwischen 8 bis längstens 10 Uhr Vormittags; von da ab sinkt sie, um früher oder später während der Verdauung der Mittagsmahlzeit auf ein zweites Maximum, das grösste, zu kommen. Von hier an beginnt wieder ein Sinken, das selbst durch die Abendmahlzeit nicht oder doch nicht erheblich aufgehalten wird. In den Abendstunden von 9—11 ist die Wärme etwa noch um $^1/_{10}{}^0$ höher als nach dem Erwachen.

Die folgenden Zahlen drücken den Stand der Temperatur und der (minutlichen) Pulsfrequenz über den resp. Werthen in der Morgenstunde von 7—8 Uhr nach Lichtenfels und Fröhlich aus.

Zeit	Pulse	Körperwärme C⁰.	
8—9	+ 8,0	+ 0,25	Nach dem Frühstück.
9—10	7,1	0,40	
10—11	3,3	0,30	
11—12	2,8	0,34	
12—1 Mittng	0,3	0,40	
1—2	0	0,40	Vor } dem Mittagessen.
2—3	7,7	0,35	Nach } dem Mittagessen.
3—4	7,3	0,34	
4—5	5,8	0,53	
5—6	2,0	0,42	
6—7	2,5	0,46	Vor } dem Abendkaffee.
7—8	4,6	0,37	Nach } dem Abendkaffee.
8—9	4,8	0,48	
9—10	1,1	0,39	

644. Blutlauf und Athmung.

Die (am ruhenden Körper gemessene) Pulsfrequenz wechselt innerhalb 24 Stunden um 10 bis 20 Schläge. Nachts ist der Puls am seltensten, das Minimum fällt wohl in die Zeit zunächst nach Mitternacht. Nach dem Erwachen steigt die Frequenz; etwa um 9 Uhr ist ein (erstes) Maximum erreicht; von hier an tritt eine Abnahme ein bis zur Mittagsmahlzeit, welche ein zweites Maximum (bei den meisten Beobachtern der überhaupt höchste Werth) bedingt; von da ab sinkt der Puls wieder und selbst die Abendmahlzeit beschleunigt ihn nicht oder nur unbedeutend, wie Guy und Andere angeben. Mit der Pulsfrequenz geht die Menge der im Körper umgetriebenen Blutmasse wohl nahezu parallel. Nachts ist der Blutlauf langsamer als am Tag; aus dem Verhalten des Körpers nach der Abendmahlzeit kann man schliessen, dass zu dieser Zeit die Verdauung und Aufsaugung wieder rasch erfolgen als während des Tages.

Perspiration und Respiration sind am Tage viel lebhafter als Nachts (623). Unmittelbar nach dem Aufwachen erfahren diese Funktionen eine vorübergehende Steigerung (619). Um 9, oder noch häufiger 10 Uhr, bieten die respiratorischen Thätigkeiten ein Maximum, von da an sinken sie ziemlich stark; die Verdauung der Hauptmahlzeit aber hebt sie auf das zweite, grösste, Maximum, welchem ein ziemlich regelmässiges Sinken folgt, das selbst durch die Abendmahlzeit nicht oder nur wenig aufgehalten wird.

Nur die Tiefe der Athemzüge macht gewisse Ausnahmen; Tiefe und Frequenz der Athembewegungen stehen überhaupt im Antagonismus. Aus einer 15 Monate fortgesetzten, mehrere 100 Einzelbeobachtungen einschliessenden Versuchsreihe Vierordt's ergeben sich folgende Mittelwerthe: das Mittagessen dauerte von $12^h\ 30'$ bis 1^h, das Abendessen von $8^h\ 30'$ bis $8^h\ 45'$.

Stunde	Puls (in 1 Minute)	Athemzüge (in 1 Minute)	Volum in Cub. Cent. Met. (reducirt auf + 37° C. und 336 par. Linien Barometerstand): einer Exspiration	der exspirirten Luft (in 2 Minute)	der exspirirten Kohlensäure (in 2 Minute)	Kohlensäure in 100 Vol. exspirirter Luft
9—10	73,8	12,1	503	6090	264	4,32
10—11	70,6	11,9	529	6295	282	4,47
11—12	69,6	11,4	534	6155	278	4,51
12—1	69,2	11,5	496	5578	243	4,36
1—2	81,5	12,4	513	6343	276	4,35
2—3	84,4	13,0	516	6799	291	4,27
3—4	82,2	12,3	516	6377	279	4,37
4—5	77,8	12,2	517	6179	265	4,21
5—6	76,2	11,7	521	6096	252	4,13
6—7	75,2	11,6	496	5780	238	4,12
7—8	74,6	11,1	489	5428	229	4,22
8—9	73,3	10,2	487	5346	227	4,17
9—10	72,0	10,7	486	5322	258	4,32

645. Harnbildung.

Die Unterschiede der Harnsecretion am Tag und in der Nacht wurden 622 erörtert. Was den Gang der Harnbildung in den einzelnen Tageszeiten betrifft (es fehlt übrigens noch sehr an Versuchsreihen, die auf zahlreichen Einzelbestimmungen beruhen), so gelten für die Mehrzahl der Harnbestandtheile etwa folgende Normen. Die geringsten Werthe fallen in die Nacht, grössere in die Morgenstunden. Auch hier scheint bei manchen Bestandtheilen ein erstes Maximum um 8—10 Uhr stattzufinden, mit nachfolgendem stärkerem Abfall der Curve. Während der Verdauung des Mittagessens erheben sich die Zahlen bedeutend; das zweite (grösste) Maximum wird übrigens erst einige Stunden nach der Mahlzeit erreicht. Von da ab beginnt wieder ein Sinken, das durch die Abendmahlzeit nur etwas aufgehalten zu werden pflegt.

Die Harnmenge ist am geringsten Nachts, grösser am Vormittag; sie nimmt zu in den ersten, wieder ab in den späteren Vormittagsstunden; auch bei ausgesetztem Frühstück scheint ein Maximum in die Stunde von 8—9, nach Andern etwas später, zu fallen. Die Hauptmahlzeit bedingt wiederum ein Steigen und, 2—3 Stunden nach dem Essen, ein zweites Maximum. Das rasche Sinken später wird je nach der Art der Abendmahlzeit modificirt.

Als Mittel aus 6 Versuchstagen erhielt Weigelin folgende Werthe für die 24-stündige Periode:

Zeit		Harnmenge in Cub. centim.		Harnstoff (in Grammen)		Chlornatrium (in Grammen)		
12—2	Morgen	58		2,611		0,165		
2—4		57	Min.	2,535	Min.	0,160	Min.	
4—6		68		2,741		0,260		
6—8		94		2,989		0,378		7h Aufstehen und Frühstück.
8—10		110		3,133		0,492		
10—12		188		3,650		0,741		
12—2	Mittag	216		3,976		0,775	Max.	12h 15′ Mittagsmahlzeit.
2—4		298	Max.	4,348	Max.	0,691		
4—6		150		3,370		0,490		
6—8		112		3,046		0,341		
8—10	Abend	110		3,568		0,358		8h Nachtessen.
10—12		72		2,792		0,246		11h in das Bett.

Nach Schweig ist die Ausscheidung der Harnsäure am geringsten Nachts, sie zeigt ein erstes Maximum 8—9 Uhr Morgens, ein zweites Mittags 3—5 Uhr (2—4 Stunden nach dem Essen). Kaupp's allerdings nur indirekte Erfahrungen sprechen dagegen für höhere Harnsäurewerthe Nachts. Der Nachtharn bietet einen höheren Säurewerth (243) als der Tagharn. Ueber die Chlormenge s. obige Tabelle. Die Schwefelsäure erreicht nach Buchheim etwa 6 Stunden nach der Aufnahme der Hauptmahlzeit den höchsten Werth, ihr Minimum fällt, wie auch Beneke u. A. fanden, in die Vormittagsstunden. Die Phosphorsäure (622) bietet eine eigenthümliche Curve; Mosler fand

die geringsten Werthe Vormittags, grössere Nachmittags, ein Maximum Abends (7 bis etwa 11 Uhr), später wieder ein Sinken.

Die geringsten Schwankungen in den Tagesstunden zeigt der Harnstoff; sein Minimum verhält sich zum Maximum nach Weigelin wie 1 : 1,7; während das Chlornatrium das Verhältniss 1 : 4,8 und die Harnmenge 1 : 5,2 zeigen.

646. Generative Verrichtungen.

Die Nacht begünstigt in mehrfacher Hinsicht den Geburtsakt. 1) Die Zeit des Beginnes der Wehen fällt viel häufiger in die Nacht als in den Tag. 2) Bei langdauernden Geburten werden die Wehen in den Morgenstunden etwas schwächer, nach Mittag wieder stärker, gegen Abend schwächer, während der Nacht wieder stärker (Kilian). 3) Nachtgeburten sind häufiger als Taggeburten. Nach Berlinski's Zusammenstellung statistischer Ergebnisse mehrerer Länder werden von 1000 Kindern geboren:

zwischen 12— 3 Morgens	161	12— 3 Mittags	111
3— 6	137	3— 6	103
6— 9	123	6— 9	124
9—12	110	8—12	131

In der Milch der Kuh und Ziege nimmt nach Bödecker und Wicke der Fettgehalt von Morgen gegen den Abend um mehr als das Doppelte zu, die übrigen organischen Bestandtheile schwanken viel weniger. Der Milchzucker erreicht Mittags den höchsten Werth.

647. Physiologischer Gegensatz von Tag und Nacht.

Die Steigerung einer Thätigkeit über das gewöhnliche Maass im Verlauf des Tages bedingt eine Minderung in der folgenden Nacht; wird dagegen die Funktion am Tage wenig in Anspruch genommen, so zeigt sie Nachts eine verhältnissmässig bedeutende Höhe. Man hat zweierlei zu unterscheiden:

I. Die Funktionssteigerung oder Minderung geschieht willkürlich, oder sonst durch nachweisbare äussere Ursachen. Nach reichlichem Trinken und Harnen während des Tages sinkt die Harnmenge in der kommenden Nacht und noch bis in die nächsten Tagesstunden hinein. Bei wenig bewegtem Leben erfolgen Athmung und Perspiration am Tage mit mässiger, Nachts aber mit relativ oder selbst absolut grösserer Stärke; die bewegtere Lebensweise führt zu umgekehrten Erfolgen.

Die Körperverluste durch Lunge und Haut verhielten sich in einer Tag- und Nachtstunde nach A. Volz (in Grammen)

		Tag	Nacht	24stünd. Verlust
Ruhige	Tage	47	40	1079
Bewegtere		51	35	1100
dito		54	34	1126

Diese Nachwirkungen des Körperverhaltens am Tag, auf die folgende Nacht, treten

in Speck's Versuchen an einem reichlich genährten Arbeitsmann deutlich hervor; die Ausgaben sind in der Anstrengungsperiode am Tag, in der Ruheperiode dagegen Nachts grösser (Grammwerthe).

	12 Tagstunden		12 Nachtstunden	
	Harn	Gasförmige Ausgaben	Harn	Gasförmige Ausgaben
Arbeitstage	1080	2077	941	495
Ruhetage	1408	592	1635	640

II. Spontan eintretende Funktionsänderungen. Lebt man in einer längeren Versuchsreihe genau auf dieselbe Weise, so zeigen gleichwohl die Verrichtungen in den Einzeltagen keine unbedeutenden Unterschiede ihrer Intensitäten. Diese Erscheinung muss also vorzugsweis von, im Organismus liegenden Ursachen abgeleitet werden. Aber auch jetzt noch, wo die Funktionsänderungen nicht von Aussen veranlasst worden sind, ist die Tagesperiode von, wenn gleich minder starkem, Einfluss auf die kommenden Nachtstunden. Kaupp und Sick bestätigten diese Norm für den Urin. Nehmen die am Tag abgesonderten Mengen des Wassers, der festen Bestandtheile, des Harnstoffes und Kochsalzes mässig ab, so steigen durchschnittlich die betreffenden Werthe in der folgenden Nacht; sinken dagegen jene Werthe in den Tagesstunden bedeutend, so bieten in der Regel die Ziffern der Nacht zwar absolut ebenfalls eine Abnahme, relativ aber eine Zunahme.

Harnvolum in C. C. M.

Kaupp			Sick		
12 Tagstunden	12 Nachtstunden	Nachtwerthe in % der Tagwerthe	17 Tagstunden	7 Nachtstunden	Nachtwerthe in % der Tagwerthe
1056	458	43	2848	463	16,0
855	470	55	2468	470	19,0
785	474	59	1791	351	19,6

Feste Urinbestandtheile n. Kaupp in Grmm.			Harnstoff nach Kaupp. Grmm.		
12 Tagstund.	12 Nachtstund.	%	12 Tagstund.	12 Nachtstund.	%
45,59	28,34	63	19,7	13,9	70
43,03	29,30	68	18,2	14,5	79
39,08	27,38	70	16,8	13,4	80

Chlornatrium nach Kaupp. Grmm.			Phosphorsäure nach Sick in Grmm.		
12 Tagstund.	12 Nachtstund.	%	17 Tagstund.	7 Nachtstund.	%
13,3	4,7	35	2,63	0,87	33
11,9	5,4	46	2,16	0,89	41
10,6	4,7	44	1,66	0,91	54

648. Selbstständigkeit der täglichen Periodicität.

Verdauung, Schlaf und Muskelthätigkeit bestimmen den täglichen Gang der Verrichtungen am meisten; gleichwohl aber bewahrt der Organismus auch diesen Einflüssen gegenüber bis zu einem gewissen Grade sein periodisches Verhalten. Die Wärme sinkt, allerdings nicht so stark als gewöhnlich, auch wenn wir Nachts wach bleiben, und andererseits hat der Schlaf am Tage kein bemerkbares Sinken zur Folge.

Ueber den Einfluss der Nahrungsaufnahme gelten folgende Normen:

1) Das morgendliche Steigen der Körperwärme, namentlich das Maximum um etwa 9 Uhr, darf nicht ausschliesslich vom Frühstück abgeleitet werden, denn auch an Hungertagen erhielten Lichtenfels und Fröhlich um diese Zeit eine vorübergehende kleine Temperaturerhebung.

2) Die Körpertemperatur nimmt in Folge der Hauptmahlzeit um so stärker (und wahrscheinlich auch schneller) zu, je früher die Zeit ist, in welche die Mahlzeit fällt. Der Essenszeit ungefähr um 1 Uhr entsprach in einigen Versuchen eine Steigerung um 0,3 bis 0,4^0 (im Vergleich zu dem Stand unmittelbar vor der Nahrungsaufnahme), der Essenszeit um 2 Uhr aber nur ein Plus von 0,13^0 (Lichtenfels), während bei J. Davy die um 5 Uhr abgehaltene Hauptmahlzeit keine Steigerung zur Folge hatte.

3) Wird die Hauptmahlzeit ausgesetzt, so zeigen zwar die Funktionen eine merkliche Minderung, doch stellt sich zur Zeit der Maxima wiederum die »gewohnte« Zunahme, freilich in viel geringerem Grade als gewöhnlich, ein. Lichtenfels und Fröhlich erhielten an Hungertagen von 2 Uhr Mittags an wieder eine Zunahme der Wärme und zwischen 4—5 Uhr ein Maximum.

Vierordt liess an 2 Versuchstagen die Mittagsmahlzeit (12^h 30′ — 1^h) wegfallen; die Beobachtung ergab:

Stunde	Puls (in 1 Minute)	Athemzüge (in 1 Minute)	Volum in C. C. M.: einer Exspiration	der exsp. Luft (in 1 Minute)	der exspir. Kohlensäure (in 1 Minute)	Procentige Kohlensäure
12—1	63	10	545	5450	270	4,69
1—2	64	9	527	4743	242	5,09
2—3	62,5	9,5	575	5479	258	4,73

4) Die Verdauung der Abendmahlzeit erhebt die Wärme und den Puls nicht oder nur unbedeutend. Dasselbe gilt von den meisten respiratorischen Funktionen (s. die Rubriken 8 und 9 in der Tabelle des § 644). In einem Versuche Pettenkofer's und Voit's steigerte zwar eine reichliche Abendmahlzeit die Kohlensäureausscheidung während der Nacht, ohne aber die Differenzen, welche die respiratorischen Funktionen im wachenden und schlafenden Zustand zeigen (mit Ausnahme der Wasserabgabe) ganz zum Verschwinden zu bringen.

5) Der geringe Eindruck der gewöhnlichen Abendmahlzeit auf den Stoffwechsel wurde mit Unrecht von einer, irgendwie vermittelten, Nachwirkung der Hauptmahlzeit ausschliesslich abgeleitet. Während der Verdauung einer reichlichen Abendmahlzeit am Ende eines Hungertages werden gleichwohl die meisten vegetativen Thätigkeiten nur sehr mässig gesteigert (Vierordt).

Die oben, unter 3, erwähnten 2 Hungertage boten Abends folgende Werthe:

	Puls	Athemzüge	Ausgeathmete Luft	Ausgeathmete Kohlensäure	Procentige Kohlensäure
Vor dem Abendessen	64,5	11,5	5522	254	4,61
1½ Stunden nach dem Abendessen	56	10,5	5405	272	5,00

6) An gesunden Tauben fand Chossat einen Unterschied von etwa $^3/_4{}^0$ C. zwischen Tagmaximum und Nachtminimum, an verhungernden (neben bedeutendem Sinken der Wärme überhaupt) einen solchen von 3^0. Bidder und Schmidt erhielten an einer verhungernden Katze einen Unterschied von nur 1^0 C. Wie dem auch sei, der Temperaturcyclus besteht selbst dann fort, wenn die Verdauung vollständig und anhaltend ausfällt.

C. Mehrtägige Perioden.

649.

Das Alterniren in der Stärke der Verrichtungen einen Tag um den anderen ist eine ziemlich häufige Erscheinung. Wird während einer langen Versuchsreihe Tag für Tag dieselbe Lebensweise beibehalten, so wechseln Tage mit höheren und niederen Harnmengen oft in ununterbrochener Folge mit einander ab. In einer 32tägigen Versuchsreihe von Bischoff und Voit an einem Hunde kommen sogar nur 4 Ausnahmen vor. Dieser Typus, der auch für den Harnstoff wiederkehrt (Kaupp), ist sehr viel häufiger, als sich nach den Regeln der Wahrscheinlichkeitsrechnung erwarten lässt: die Erscheinung hat also einen tieferen organischen Grund. Auch beim Athmen scheint sie sich geltend zu machen. Sie dürfte wohl etwas reiner hervortreten, wenn man die Wirkungen unvermeidbarer äusserer Einflüsse, z. B. der Lufttemperatur, in Rechnung bringen würde.

Eine nähere Prüfung des Ganges der normalen Funktionen dürfte zur Constatirung bestimmter, mehrere Tage einschliessender Cyclen führen. Schon die Erscheinungen des pathologischen dreitägigen, viertägigen, vor allem aber des sehr seltenen siebentägigen Rhythmus und der merkwürdigen Multipla des letzteren, wohin auch die Menstruation gehört, deuten darauf hin. Auf diese Verhältnisse, sowie die bisher gemachten Versuche, mehrtägige Rhythmen im normalen Leben an verschiedenen Funktionen aufzuweisen, kann hier nicht eingegangen werden.

D. Jährliche Periode.

650. Aeussere und innere Bestimmung.

Die Jahreszeiten üben auf den Organismus, direkt und indirekt, ebenso mannigfaltige als tiefgreifende Wirkungen aus. Unter den unmittelbaren Einflüssen sind die atmosphärischen, vor Allem die Lufttemperatur, bei weitem die wichtigsten. Nicht wenige Erscheinungen des gesunden und kranken Lebens, z. B. die Intensität des Stoffwechsels, der Wärmeproduktion, der Gesammtmortalität, folgen in ihrem jährlichen Ablauf mehr oder weniger dem Gang der Temperaturcurve. Als indirekte Bestimmungsglieder sind vorzugsweis die mit den Jahreszeiten wechselnden Nahrungs- und Beschäftigungsweisen zu nennen; doch stehen dieselben hinter den atmosphärischen Agentien bedeutend zurück.

Die, mit den Jahreszeiten cyklisch wechselnden äusseren Einflüsse kommen nicht bloss hinsichtlich ihrer momentanen Wirkungen in Betracht; es handelt sich z. B. in einem bestimmten Zeitpunkt des Sommers nicht ausschliesslich um die augenblickliche Temperatur, Luftfeuchtigkeit u. s. w., sondern auch (s. analoge Verhältnisse der Tageszeiten in 647) um die Eindrücke, welche der Organismus durch die voraufgegangenen meteorologischen und sonstigen Einflüsse empfangen hat. Im Sommer z. B. bildet der Körper nicht nur weniger Wärme, sondern es wird auch seine Fähigkeit zur Wärmeproduktion herabgesetzt; desshalb ist im Herbst die Widerstandsfähigkeit gegen Kälte geringer als im Frühling und eine Temperatur, die uns in letzterer Jahreszeit warm vorkommt, erscheint uns kalt in ersterer. Je nach Grad, Dauer, Gleichmässigkeit u. s. w. dieser Einflüsse wird der Körper in Stimmungen versetzt, welche seine Verrichtungen und deren Verhalten gegen äussere Einwirkungen in den einzelnen Jahreszeiten beeinflussen und die namentlich auch für die pathologische Aetiologie von Wichtigkeit sind.

Anderweitige Thatsachen deuten auf cyklische Körperstimmungen, die aber keineswegs als Nachwirkungen voraufgegangener äusserer Einflüsse gelten können, sondern als Beispiele von periodisch mit den Jahreszeiten zur Wirksamkeit gelangenden, von den letzteren aber an sich unabhängigen, im Organismus selbst liegenden Ursachen, die freilich keine nähere Analyse zulassen. Die cyklischen Veränderungen des Organismus während der Jahreszeiten sind von dem speciellen Charakter eines bestimmten Jahrganges theilweis, unter Umständen selbst in hohem Grade, unabhängig. Die Brunst z. B. tritt in vielen Thieren im Frühjahr in derselben Zeit ein, der Winter mag warm oder kalt gewesen sein. Ein kühler Sommer bedingt ein Verhalten unseres Stoffwechsels, Erscheinungen der Morbilität u. s. w., welche von dem Verhalten im gewöhnlichen Sommer zwar abweichen, jedoch nicht in dem Grade, als man bei der veränderten Luftbeschaffenheit erwarten möchte. Im Frühling bietet der Stoffwechsel eine Beschleunigung, überhaupt unser ganzes Befinden Veränderungen, die wenigstens nicht ausschliesslich durch äussere Momente erklärt werden können. Möglicherweise sind hereditäre Einflüsse hier in erster Linie maassgebend; durch eine lange Reihe von Generationen dürfte sich ein bestimmter, den Jahreszeiten der Gegend entsprechender, Typus der cyklischen Funktionirungen ausgebildet haben und zwar um so mehr, als besonders diejenigen Individuen zur Fortpflanzung beitragen, welche für das gegebene Klima die grösste Accommodationsfähigkeit besitzen (C. Darwin).

Wegen der Einzelfunktionen im Verlauf des Jahres wird auf die betreffenden §§ des Abschnittes XXX verwiesen; wir erörtern hier nur noch die:

651. Generativen Thätigkeiten.

Die Zeugung zeigt in der gesammten organischen Welt ein in hohem Grade periodisches Verhalten. Bei jeder Thierart ist die Brunst auf eine bestimmte

Jahreszeit beschränkt, selten auf mehrere. Auch hat die Dauer der Brunst ihre inneren organischen Ursachen; bei den Schafen z. B. ist sie sehr kurz und nach ihrer Beendigung lässt das Weibchen den Widder nicht mehr zu, es mag befruchtet sein oder nicht. Es gibt zwar zu allen Zeiten trächtige Thiere, doch ist das Frühjahr in vielen Gattungen die begünstigte Jahreszeit.

Auch auf die menschlichen Geburten äussern die Jahreszeiten einen grossen Einfluss (Villermé). Die Geburten bieten eine erste Zunahme im Winter (Januar bis März oder April), eine zweite, kleinere zu Anfang des Herbstes. Die meisten Empfängnisse erfolgen also 1) vom April bis Juni und 2) im December; die wenigsten 1) vom September bis November und 2) zu Ende des Winters.

Das zweite kleinere Maximum im December hängt wohl von socialen Einflüssen ab, während das erste Maximum in organischen Ursachen begründet ist. Es wird somit im Frühling sowohl der Frau eine grössere Conceptionsfähigkeit, als auch dem Mann eine erhöhte Zeugungskraft zukommen.

12,000 Geburten vertheilen sich in den einzelnen (gleichlang angenommenen Monaten folgendermassen:

Monate der Geburten	Sardinien 1828—1837	Belgien 1840—1849	Holland 1840—49	Schweden 1851—1855	Monate der Empfängniss.
Januar	1016	1065	1094	1013	April
Februar	1101	1157	1155	1046	Mai
März	1100	1150	1128	1056	Juni
April	1078	1078	1016	1006	Juli
Mai	989	1002	921	982	August
Juni	895	945	855	960	September
Juli	943	903	848	922	October
August	944	920	950	912	November
September	1004	956	1025	1116	December
October	1010	934	1000	1033	Januar
November	984	931	991	975	Februar
December	936	959	1017	979	März
Mittel:	1000	1000	1000	1000	

Embrologie.

652. Aufgaben.

Die Entwickelung des Thierleibes aus dem Ei ist Schritt für Schritt gekannt, freilich nicht nach den, derselben zu Grund liegenden Kräften, sondern, wie die Befruchtung, nur nach ihren äusseren Bedingungen und Erscheinungen. Schon vor hundert Jahren zeigte, seiner Zeit weit voranschreitend, Caspar Friedrich Wolff, dass am Embryo die allmälige Bildung der Theile erforscht werden könne; es gelang ihm aber nicht, die auf diesem Gebiete hergebrachten Speculationen und oft höchst abentheuerlichen Hypothesen zu verdrängen. Hat man sogar geglaubt, dass im Ei oder in einem Samenfaden der der ganze Mensch *en miniature* fertig enthalten sei! Die Arbeiten Bär's stellen die Grundlage der neueren Entwickelungsgeschichte dar, welche gegenwärtig einen der vollendetsten Abschnitte des beschreibenden Theiles der Physiologie bildet.

Da es sich bloss um die Grundlehren und vor Allem um Auseinandersetzung der, oftmals schwierigen, Entwickelungsstufen der Organe handelt, wobei wenigstens kein wesentlicher Zwischenzustand unvermittelt gelassen werden darf, so kann von der Histologie des Embryo und der in neuester Zeit besonders gepflegten Histogenesis abgesehen werden. Auch müssen wir uns auf den Menschen beschränken und von der Entwickelung des Hühnchens im Ei Umgang nehmen, welches, als das am Leichtesten zu beschaffende Untersuchungsmaterial, den besten Ausgangspunkt der praktisch-embryologischen Studien bildet. Die angeborenen Missbildungen bieten der Embryologie wichtige Erweiterungen und wesentliche Bestätigungen ihrer Anschauungen, indem sehr viele dieser Abweichungen in einem Stehenbleiben auf vorübergehenden normalen Entwickelungszuständen ihre Begründung finden. Der bleibende Zustand von Organen und Organtheilen niederer Wirbelthiere zeigt oft bemerkenswerthe Analogieen mit fötalen Zuständen der höheren Thiere und des Menschen, was bei der Einheit des Organisationsplanes im Ganzen und Grossen nicht auffallen kann. Diese Aufgaben bleiben hier nothwendig ausgeschlossen. Gegenüber der überreichen, das Anfangsstudium sehr erschwerenden (und oft genug völlig überflüssigen) Terminologie soll in dem Folgenden denjenigen Bezeichnungen der Theile der Vorzug gegeben werden, welche als die einfachsten und am wenigsten präjudiciellen gelten können.

XXXII. Fundamentaltheile und Hüllen des Embryo.

A. Uranlage des Embryo.

653. Vorgänge im Ei bis zur Uranlage des Embryo.

Das aus dem Eierstock ausgetretene Ei (532) besteht aus Zona pellucida (*z*), Dotter (*d*), Keimbläschen (*k*) sammt Keimfleck (Fig. 157). Es ist noch umgeben von den (zum Theil spindelförmigen) Zellen der Körnerschicht (*m*), welche in dieser Periode auch durch Volumvermehrung des Eies von Wichtigkeit ist, bald aber verschwindet. Die nächste Wirkung der Befruchtung ist die, von

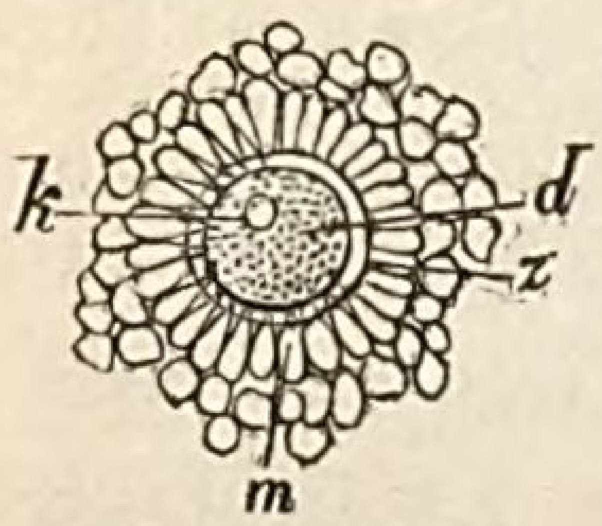


Fig. 157.

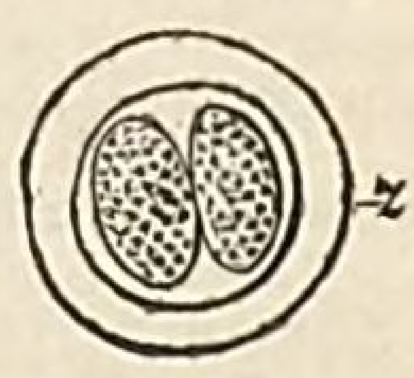


Fig. 158.

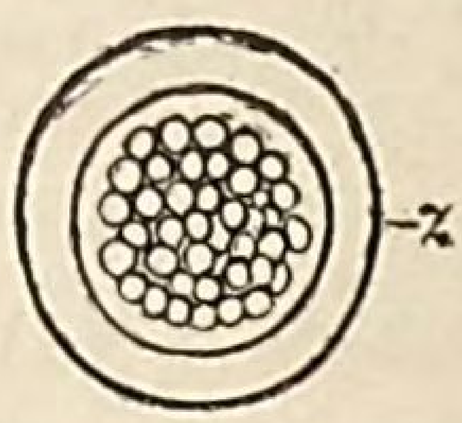


Fig. 159.

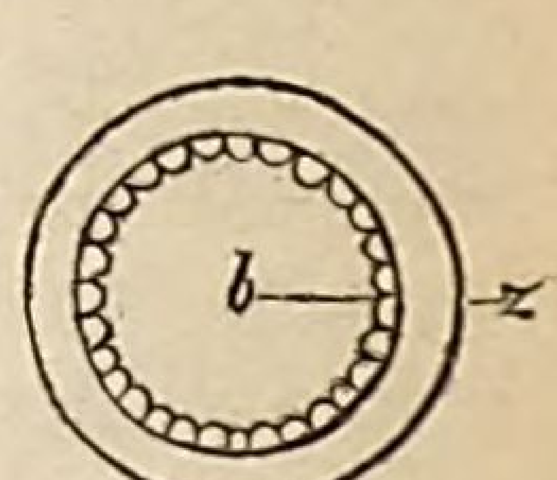


Fig. 160.

Prevost und Dumas zuerst näher gewürdigte, Dotterfurchung; Keimbläschen und Keimfleck schwinden; bald ist die Dottermasse in 2 Theile gespalten (Fig. 158), diese zerfallen wieder in je 2 und so fort, bis schliesslich der ganze Dotter in eine grosse Zahl Kugeln von $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{50}$ Linie Durchmesser zerlegt ist und dadurch das maulbeerartige Ansehen von Fig. 159 gewinnt. Die oberflächlichen Furchungskugeln (Furchungszellen) legen sich an die Innenwand der Zona pellucida (Fig. 160), und bilden durch ihre Verschmelzung die dünne, durchsichtige Keimblase (*b*), welche die hellgewordene Dotterflüssigkeit einschliesst. Man unterscheidet jetzt an dem, etwa $\frac{1}{2}$ Linie grossen, Ei: Zona pellucida, Keimblase und deren halbflüssigen Inhalt.

An einer Stelle der Keimblase bildet sich durch vermehrte Zellenanhäufung eine Verdickung; der sog. Fruchthof (Embryonalfleck) von kreisförmiger Gestalt (Fig. 161—163). Bald aber lassen sich am Fruchthof, wie Pander zeigte, zwei Schichten unterscheiden: das äussere und innere Keimblatt, welche, vom Fruchthof aus, allmälig weiter wachsen. Endlich ist (s. Fig. 162) die ganze Keimblase, ihrer Dicke nach, in zwei konzentrisch über einander liegende Keimblätter gespalten. Zwischen den beiden letzteren entsteht im

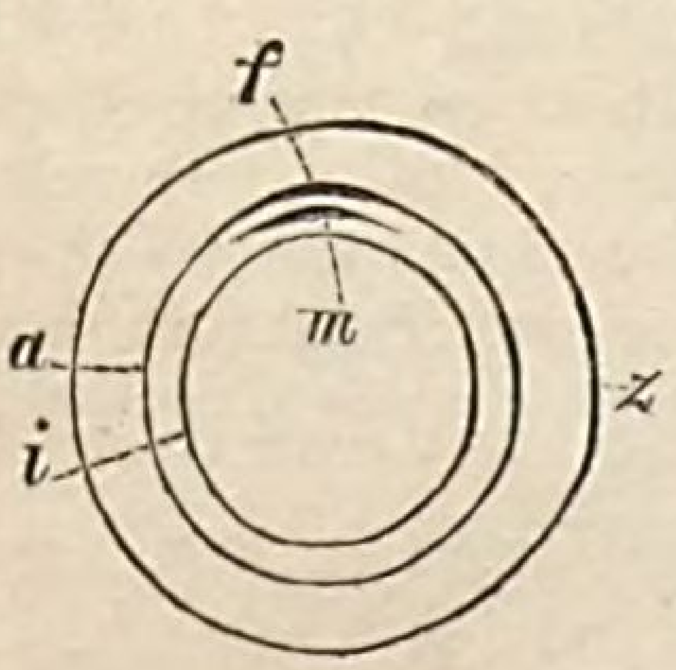


Fig. 162.

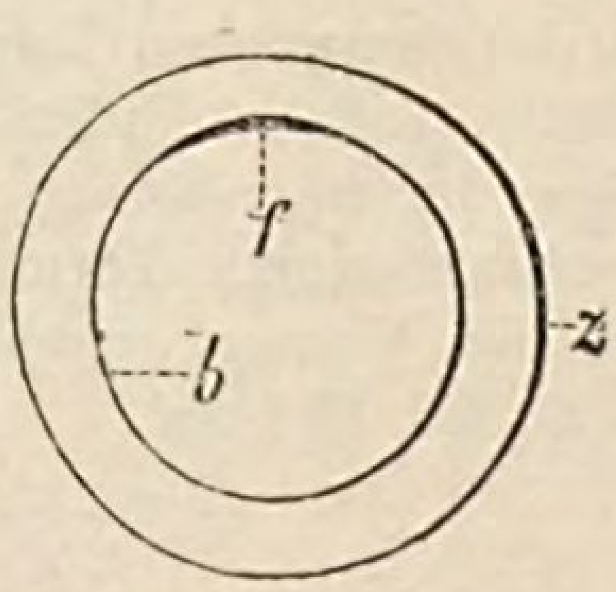


Fig. 161.

Durchschnitt des Eies.
a äusseres, *i* inneres, *m* mittleres Keimblatt, *f* (beide Fig.) Fruchthof, *z* Zona pellucida, *b* Keimblase.

Fruchthof das mittlere Keimblatt, welches aber (Fig. 162, *m*) die Grenze des Fruchthofes nicht überschreitet.

Auch in der Richtung der Breite erfolgt unterdessen eine Sonderung; der Fruchthof hellt sich in seiner Mitte auf und man unterscheidet (Fig. 163): 1) einen inneren, runden, hellen Kreis: heller Fruchthof (die Zellen des inneren Keimblattes sind hier durchsichtiger) und 2) einen äusseren, weniger durchsichtigen Ring: dunkeler Fruchthof, veranlasst durch stärkere Zellenanhäufung im peripheren Theil des inneren Keimblattes.

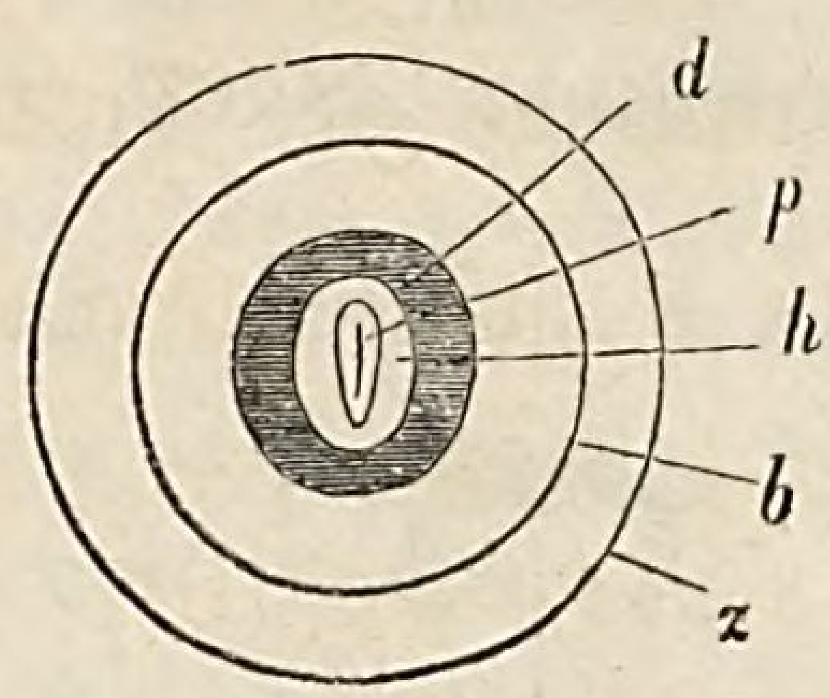


Fig. 163.

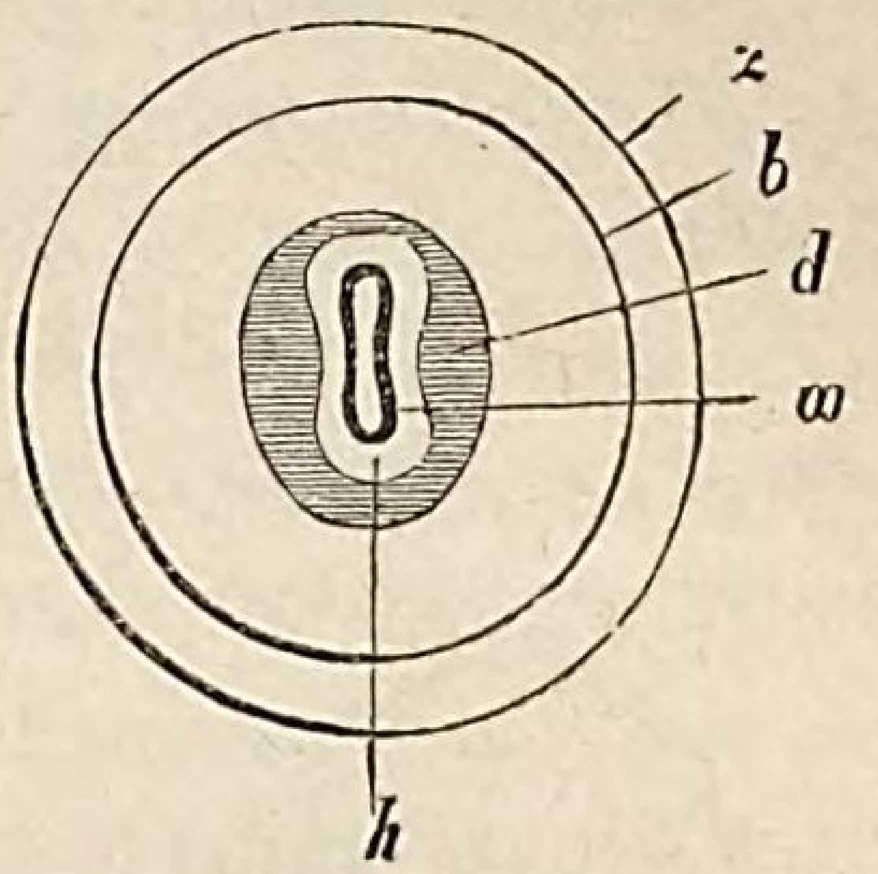


Fig. 164.

Aeussere Ansicht des Eies. *h* heller Fruchthof; in dessen Mitte der von den Rückenwülsten *w* umgebene Primitivstreif *p* (letzterer ist in Fig. 164 weiss), *d* dunkler Fruchthof, *b* Keimblase, *z* Zona pellucida.

Die Zellen der Keimhaut sind das Material, aus welchem der Embryo und seine Anhangstheile zunächst aufgebaut werden, also die ersten wahren embryonalen Bildungszellen. Die Hauptaufgaben dieses ersten Stadiums sind demnach: Dotterfurchung und Keimhautbildung.

654. Erste Anlage des Embryo.

In dem, durch endosmotische Säfteaufnahme gewachsenen, etwa 3—4 Linien grossen Ei entsteht in der Mitte des hellen Fruchthofes und zwar durch Verdickung des äusseren und mittleren Keimblattes, ein schmaler länglicher Streif: der Primitivstreif Bär's, welchen Letzterer als erste Anlage der embryonalen Axengebilde: des Centralnervensystems und seiner Umhüllungen betrachtet (zweite Woche). Die Ränder des Streifes erheben sich zu zwei Längswülsten. Diese, die sog. Rückenwülste, schliessen somit anfangs eine Rinne ein (s. die Durchschnittsfigur 165); die freien Ränder der Wülste rücken aber gegeneinander, stossen zusammen und bilden ein Rohr (Fig. 166): das Medullarrohr. Der vordere weitere, drei Ausbuchtungen zeigende Abschnitt des Medullarrohres wird Hirn, der hintere schmälere Theil Rückenmark.

Im mittleren Keimblatt bildet sich: 1) unter der Primitivrinne (Medullarrohr) die Wirbelsaite (Chorda dorsalis): der Axentheil der späteren Wirbelkörper und der Schädelbasis. 2) Das zu beiden Seiten der Chorda, resp. des Medullarrohres, liegende Blastem des mittleren Keimblattes, also die tiefere Schicht der sog. Rückenwülste, stellt die Uranlage vorzugsweis der späteren knöchernen Umhüllungen des Centralnervensystems und der anliegenden Muskeln

der in Form von 2, längs des Medullarrohres verlaufenden, Platten (Remak's Urwirbelplatten). Diese Platten theilen sich (mit Ausnahme ihres Kopftheiles) bald in eine Anzahl 4eckiger Plättchen, die sog. Urwirbel (699). Nach aussen gehen die Urwirbelplatten in die sog. Visceralplatten (655) über.

Der, ursprünglich runde, helle Fruchthof wird beim Weiterwachsen oval, birnförmig, endlich biscuitförmig (Fig. 164), der dunkle Fruchthof bleibt rundlich.

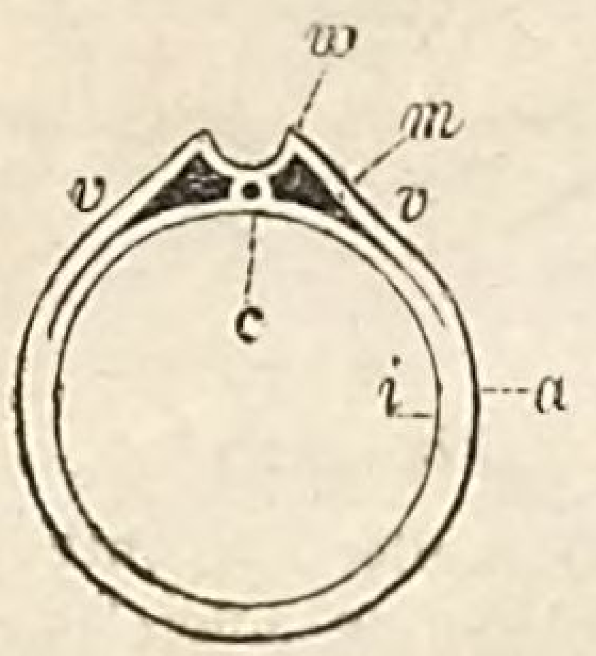


Fig. 165.

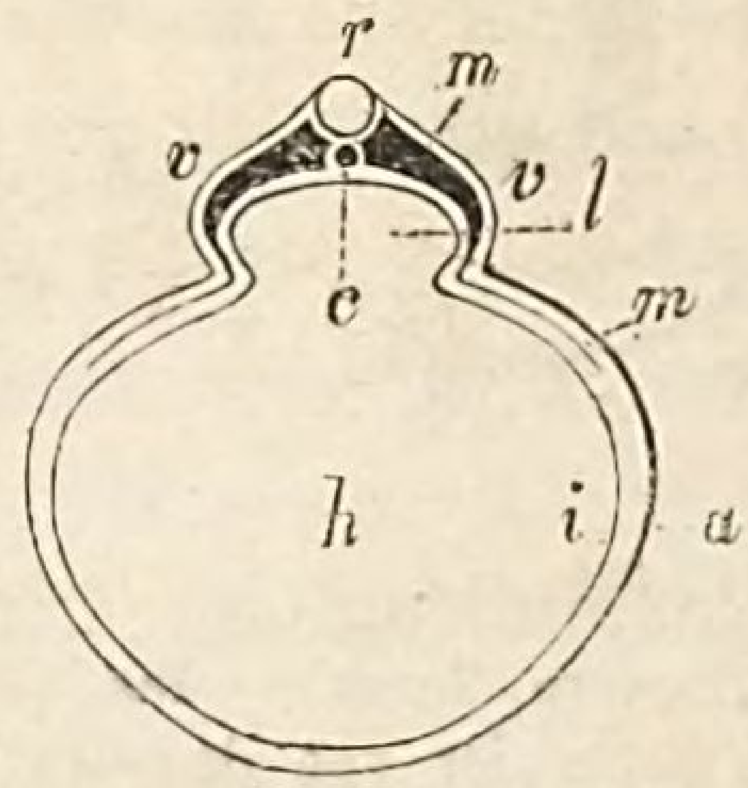


Fig. 166.

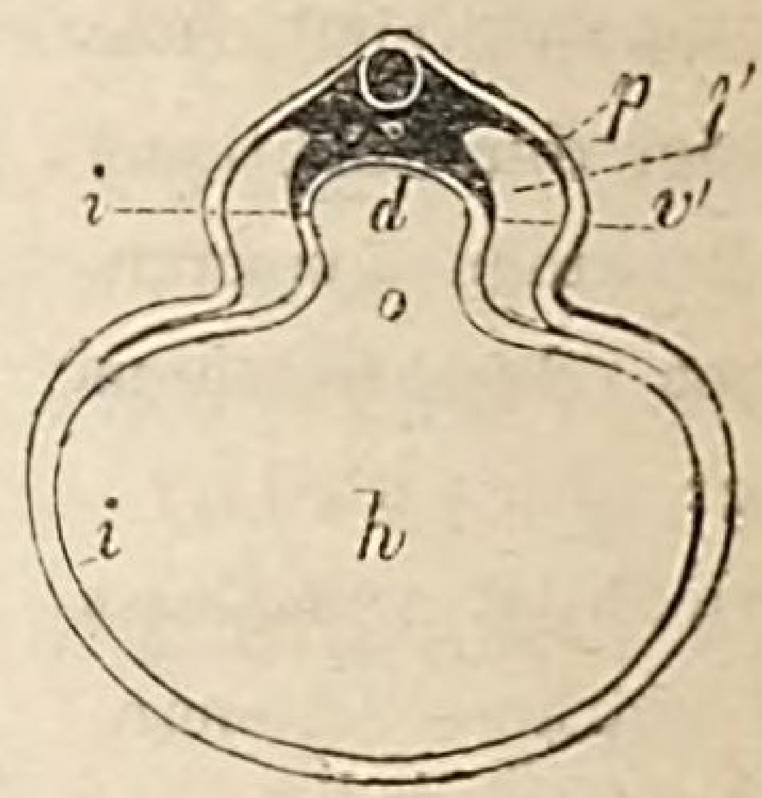


Fig. 167.

Fig. 165—167 Durchschnitte durch Embryo (von rechts nach links) und Keimblase. Fig. 166 und 167 gehören vorzugsweise zu §§ 655 und 656.

a Aeusseres; *m* mittleres, *i* inneres Keimblatt. *c* Querschnitt der Chorda dorsalis. *w* Rückenwülste. Der der Chorda dorsalis zunächst liegende Theil des verdickten mittleren Keimblattes (*m*) entspricht den Urwirbelplatten, die nach aussen in die Visceralplatten *v* übergehen, welche übrigens aus allen 3 Keimblättern gebildet werden. In Fig. 166 ist das Medullarrohr *r* schon hergestellt und die primäre Leibeshöhle *l* in eben beginnender Abschnürung von der Höhle *h* der Keimblase. Fig. 167 zeigt die Spaltung der Visceralplatten in das parietale (*p*) und viscerale (*v'*) Blatt, und zwischen beiden die Uranlage der definitiven Leibeshöhle *l'*. Die Darmrinne *d* communicirt mit der Höhle der Keimblase durch den Ductus omphalo-mesaraicus *o*.

Nach Dursy's Untersuchungen am Hühnchen ist der Primitivstreif durchaus nicht als die gesammte Uranlage der Achsengebilde, sondern hauptsächlich nur als die Uranlage des hintern Abschnittes der Chorda dorsalis zu betrachten. Derselbe reicht mit dem Schwanzende fast bis zur Grenze, mit dem Kopfende dagegen nur bis zur Mitte des Fruchthofes. Die Uranlage des Embryo erscheint zuerst als kreisförmige Verdickung des Fruchthofes [Embryonalschild], die in ihrer hintern Hälfte durch den später erscheinenden Primitivstreif halbirt wird. Der periphere Theil des Schildes enthält die Anlage der Bauchplatten, der centrale die Anlage der bisher fälschlich nur auf den Primitivstreif bezogenen Rückenplatten oder der Achsengebilde des Leibes. In dem vor dem Kopfende des Primitivstreifs liegenden Abschnitt des Embryonalschildes bildet sich der Kopf und ein grosser Theil des Rumpfes nebst der dazu gehörigen Chorda dorsalis. Der im hinteren Leibesabschnitt liegende Primitivstreif wird theils zur Herstellung des hintern Abschnittes der Chorda verwendet, theils betheiligt er sich an der Bildung der seitlich angrenzenden Rückenplatten, wobei sein medianer Theil zu einer durchsichtigen Rinne [der sogenannten Primitivrinne] sich vertieft.

Hierauf erheben sich die Ränder der Rückenplatten als sogenannte Rückenwülste und bilden so die seitliche Begrenzung einer die ganze Leibeslänge einnehmenden Längsfurche [Rückenfurche], deren medianer Abschnitt in seinem hintern Theil durch den Primitivstreif und dessen Rinne noch längere Zeit hindurch auffallend markirt wird.

655. Primäre Leibeshöhle.

Die Embryonalanlage, als schwache Verdichtung der Keimblase, liegt anfänglich fast flächenhaft im Fruchthof. Zuerst beginnt das Kopfende nach vorn und unten sich einzurollen (s. Fig. 168, die jedoch einem fortgeschrittenen

Stadium entspricht); sodann hebt sich das Hinterende der Embryonalanlage (s. Fig. 168) von der Keimblase ab. Die Bauchseite ist anfangs (Fig. 165) ganz offen gegen die Höhle der Keimblase; später rollen sich die, besonders im mittleren Keimblatt sich verdickenden, Visceralplatten d. h. die Seitenränder der Embryonalanlage, nach der Bauchseite ein und zwar vorn und hinten, sowie von beiden Seiten her. Auf diese Art entsteht in dem etwa 1 Linie langen Embryo eine Rinne (Fig. 166 *l*): die primäre Leibeshöhle (vierte Woche). Die sich einrollenden Seitenränder des Embryo sind anfangs blosse Fortsetzungen der Urwirbelplatten nach aussen und der die letzteren überziehenden Theile des äusseren und inneren Keimblattes; von den Urwirbelplatten trennen sie sich später durch eine helle Grenzlinie ab.

656. Primäres Darmrohr und allgemeine Leibeshöhle.

Jede der beiden Visceralplatten spaltet sich in zwei Blätter: ein äusseres (parietales), und inneres viscerales (Fig. 167). Die abgespaltenen inneren Blätter wachsen einander entgegen zur Bildung des anfangs rinnenförmigen Darmrohres. Dieses Entgegenwachsen geschieht somit in den Raum der bisherigen primären Leibeshöhle; die Spaltung selbst aber erfolgt nur in der, vom mittleren Keimblatt gebildeten Schicht der Visceralplatten. Die nächsten Resultate dieses, vorzugsweis von Remak erkannten, und mittelst Querschnitten an künstlich erhärteten Präparaten sicher nachweislichen Vorganges sind, siehe Fig. 167, folgende: 1) Bildung der bleibenden Leibeswand; diese besteht aus einer äusseren Schicht, die dem äusseren Keimblatt angehört, und einer inneren Schicht, herrührend vom äusseren parietalen Blatt des mittleren Keimblattes. 2) Anlage des primären Darmrohres. Dasselbe ist aus zwei Schichten zusammengesetzt, wovon die innere dem innern Keimblatt angehört, die äussere dagegen dem von der Leibeswand abgespaltenen visceralen Blatt des mittlern Keimblatts. Anfangs verläuft die Darmrinne gerade in der Längsaxe des Embryo, und trennt dadurch die zu beiden Seiten liegenden Höhlungen, welche 3) die ersten Anlagen der bleibenden Leibeshöhle (*l'* Fig. 167) bilden. Die Darmrinne wird aber allmälig in ihrem ganzen Verlauf zum Darmrohr geschlossen und zugleich von der definitiven Leibeswand abgelöst. Dadurch verschmelzen die beiden seitlichen Leibeshöhlen zu einer gemeinsamen Cavität: der allgemeinen Leibeshöhle.

Nur an einer Stelle schliesst sich das Darmrohr nicht; hier steht demnach der Darm mit der Höhle der Keimblase (die später Nabelblase heisst) in offener Communication und zwar durch den, zunehmend enger werdenden Nabelblasengang (Ductus vitello-intestinalis oder omphalo-mesaraicus, Fig. 167). Der Embryo selbst schnürt sich immer mehr ab von der Nabelblase und hängt am Ende mit dieser nur noch an einer Stelle zusammen: dem »Darmnabel« (im Gegensatz zum »Hautnabel«), durch den der Nabelblasengang hindurchgeht.

657. Primäres Gefässsystem.

Im mittleren Blatt des Fruchthofes tritt ferner noch die Uranlage des Centralgefässsystems auf. Am vorderen Ende der allgemeinen Leibeshöhle, und zwar von der Vorderwand des Darmrohres aus, entsteht die Uranlage des Herzens in Form eines mit der Darmwand zusammenhängenden, schon von Anfang an hohlen Schlauches. Das vordere Ende des Herzschlauches geht in 2 anfangs scheinbar blindendende, arterielle Schenkel über; während sein hinteres Ende in einen venösen Schenkel sich fortsetzt.

Unterdessen sind im mittleren Keimblatt Blutkörperchen und Gefässe entstanden. Die Blutkörperchen bilden in Gruppen kleine Inselchen, während die Gefässlumina durch Lückenbildung im mittleren Keimblatt entstehen. Das Herz, anfangs mit heller Flüssigkeit gefüllt, zieht sich zusammen und treibt seinen Inhalt durch die oben genannten arteriellen Schenkel in die Gefässe, deren Blutkörperchen durch den venösen Herzschenkel dem Herzen zugeführt werden.

Im Verlauf der 3. oder im Anfang der 4. Woche, also in sehr kurzer Zeit, ist die Grundanlage der Hauptgebilde des, nunmehr 2—2½ Linien langen Embryo, fertig. Ehe wir zum Aufbau der Einzelorgane übergehen, ist noch zu schildern: die Entstehung der Eihüllen, die Verbindung der Frucht mit der Mutter und die Bildung der äusseren Leibesform.

B. Embryonalhüllen.

658. Fötale Eihüllen.

I. Innere Eihaut, Amnion. Das äussere Blatt der Keimblase (Nabelblase) hebt sich ab von dem inneren Blatt, um sich an die Zona pellucida anzulegen. Die Abhebung geschieht bloss an der Keimblase, nicht am Embryo selbst; dadurch entsteht zunächst rings um den Embryo eine wallförmige Faltung, die Amnionfalte (Fig. 168). Die auf diese Weise gebildete Oeffnung schliesst sich wie die Oeffnung eines Beutels, durch allseitiges Entgegenwachsen des ovalen Faltenrandes, über dem Rücken des Embryo (3. Woche).

Die Metamorphosen der Amnionfalte hat Bär aufgeklärt. Die Falte besteht aus zwei Platten. Die innere Platte überzieht, nach der Vereinigung der Amnionfalte, den Embryo als ein geschlossenes Säckchen: Schafhaut, Amnion. Dasselbe umgibt anfangs, als zartes, mit etwas Flüssigkeit (Amnioswasser 664) gefülltes, Bläschen den Rücken und die seitlichen Theile des Embryo. Da das Bläschen ausgeht von den Rändern der Visceralplatten des Embryo, so muss es, mit zunehmender Abschnürung des Letzteren von der Nabelblase, also mit zunehmender Verengerung des sog. Hautnabels, den Embryo auch von der

Bauchseite her immer mehr umschliessen. Der Embryo wird desshalb nach und nach in das Amnion förmlich eingestülpt und dadurch von allen Seiten von der Amnionflüssigkeit umgeben.

Die äussere Platte der Amnionfalte legt sich an die Innenseite der Zona pellucida und stellt somit eine geschlossene Membran dar (sog. seröse Hülle oder falsches Amnion), welche das Amnion selbst und den Embryo sammt der Nabelblase einschliesst.

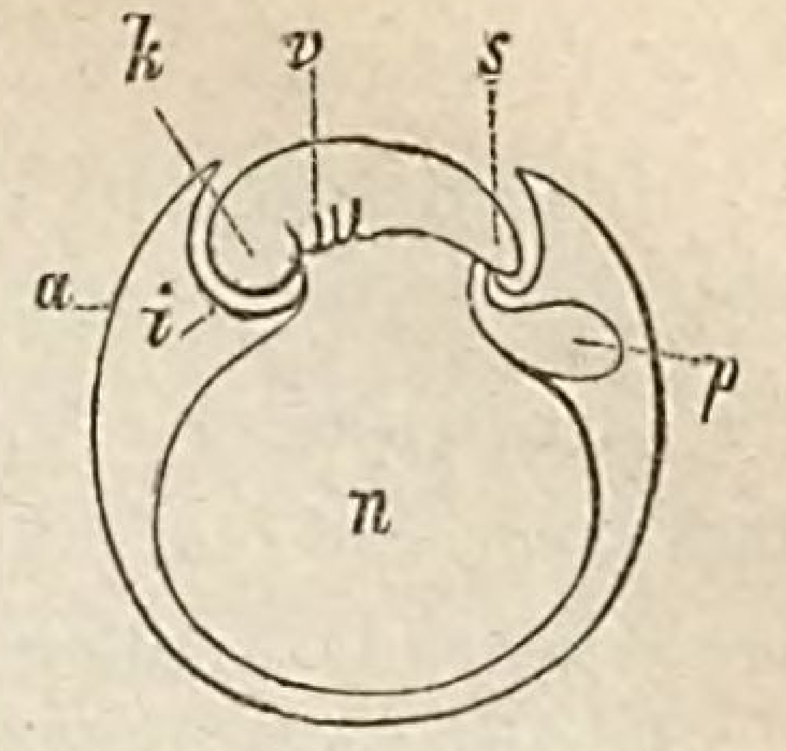


Fig. 168.
k Kopfende, *s* Schwanzende des Embryo, *v* Visceralbögen; *a* äussere und *i* innere Amnionfalte. *p* Allantois. *n* Nabelblase.

II. Mittlere Eihaut, Chorion. An der Aussenfläche der Zona pellucida sprossen, bald nach dem Eintritt des Eies in den Uterus, Zotten hervor; die Zona heisst nunmehr Chorion. Die Zotten werden zahlreicher, länger und verästeln sich immer mehr. Mit der Innenfläche des Chorions verschmilzt die seröse Hülle (als sog. Endochorion). Nach einigen Beobachtern geht die ursprüngliche Zona pellucida vollständig verloren, sodass die »seröse Hülle« die wesentliche Grundlage des Chorion bildet.

659. Mütterliche Eihüllen.

Die äussere Eihaut heisst Membrana decidua. Die Schleimhaut des Uterus bereitete sich (s. 533) schon während der Menstruation vor zur Aufnahme des Eichens. Die Uterusschleimhaut selbst verwandelt sich fast in ihrer ganzen Dicke, wie W. Hunter, Seiler, Sharpey und E. H. Weber zeigten, in die äussere Eihülle: die Decidua, welche aus 2 Schichten besteht, einer externa und interna. Das Ei, nach seinem Eintritt in die Uterushöhle, bleibt irgendwo an der Schleimhaut festsitzen; letztere umwächst alsdann durch Wucherung kapselartig das Ei, und stellt somit das Nest dar: die Decidua interna, in welches das Ei, nämlich die zwei inneren Eihüllen sammt Embryo, eingelagert ist. Diese Schleimhautkapsel vergrössert sich, sammt dem Ei, immer mehr und legt sich im 3. Monat an die Uterusschleimhaut (Decidua externa) an, um mit derselben zu einer einzigen Membran vollständig zu verwachsen, welche allmälig ihre Gefässe verliert.

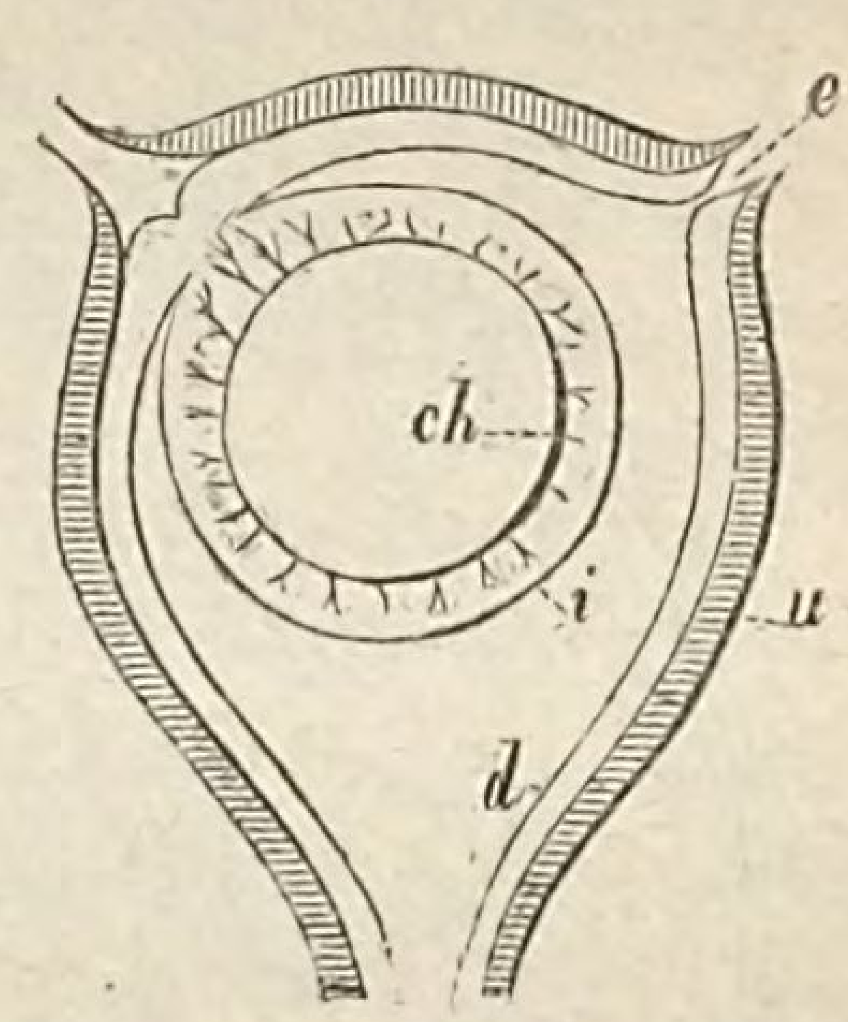


Fig. 169.
e Eileiter. *u* Uteruswand. *d* Decidua externa, *i* Decidua interna. *ch* Chorion.

Früher stellte man sich den Vorgang anders vor; man glaubte, die Tubenmündungen des Uterus schlössen sich durch die sich aufwulstenden benachbarten Schleimhautränder und das Eichen stülpe, bei seinem Eintritt in den Uterus, die Schleimhaut ein; man unterschied desshalb 1) Decidua reflexa, den eingestülpten Theil, der das Ei zunächst umgibt (unsere »Schleimhautkapsel«), und 2) Decidua vera, die äussere Schicht. Besser sind die Bezeichnungen Decidua externa und interna. Ueber die sog. Decidua serotina und das Verhalten der Uterusschleimhaut nach der Geburt s. 663.

660. Varietäten der Eihüllen.

Die drei Eihäute zerfallen nach Obigem in 1) die mütterliche Hülle, Decidua, das Nest des eigentlichen Eies; 2) das, wenigstens der Grundlage nach, von der äussersten Haut des Eierstockeies herrührende Chorion und 3) das aus der Keimblase, resp. dem Rand des Embryonalleibes, hervorgehende Amnion.

Zwillinge, Drillinge u. s. w. sind immer von einer gemeinschaftlichen Decidua externa umschlossen; die übrigen Membranen sind entweder 1) ebenfalls einfach; dann liegen die Früchte in einer einzigen, zunächst von Amnion begrenzten Höhlung, oder 2) sie sind gesondert: jede Frucht ist demnach umschlossen von einer Specialhülle, bestehend aus Decidua interna, Chorion und Amnion, oder endlich 3) es kommen Uebergangsformen zwischen 1) und 2) vor, und zwar a) gemeinsame Decidua interna, getrenntes Chorion und Amnion und b) gemeinsame Decidua interna und Chorion, aber getrenntes Amnion, in welch letzterem Fall beide Embryonen aus Einem Ei mit gedoppeltem Dotter entstanden sein können. Die Placenten der Zwillinge u. s. w. sind durch Verschmelzung in der Mehrzahl der Fälle einfach, aber sehr gross; über die innere Placentenfläche zieht sich eine Scheidewand, die durch die zusammenstossenden Eihäute beider Früchte gebildet wird.

Das Amnion, welches vom Embryo selbst stammt, ist immer doppelt, kann aber durch Resorption der Scheidewände beider Amnionhöhlen einfach werden. Dieselbe nachträgliche Veränderung kann auch das ursprünglich gedoppelte Chorion erleiden.

661. Allantois.

Am hinteren Ende der Leibeshöhle bildet sich, in der 3. Woche, ein Säckchen, die Allantois (Fig. 168 *p*); dasselbe kommt bald in offene Verbindung mit dem hintersten Theil des Darmrohres. Bei ihrer Weiterentwicklung tritt sie neben dem Ductus omphalomesentericus aus der Nabelöffnung hervor und wächst weiter zwischen Amnion und Chorion. Aus dem Anfang der Allantois (*u* Fig. 170) bildet sich die Harnblase, die demnach mit dem untersten Darmabschnitt communicirt, und in welche die Ausführungsgänge der Vornieren (690) münden. Der folgende Theil der Allantois bis zum Nabel

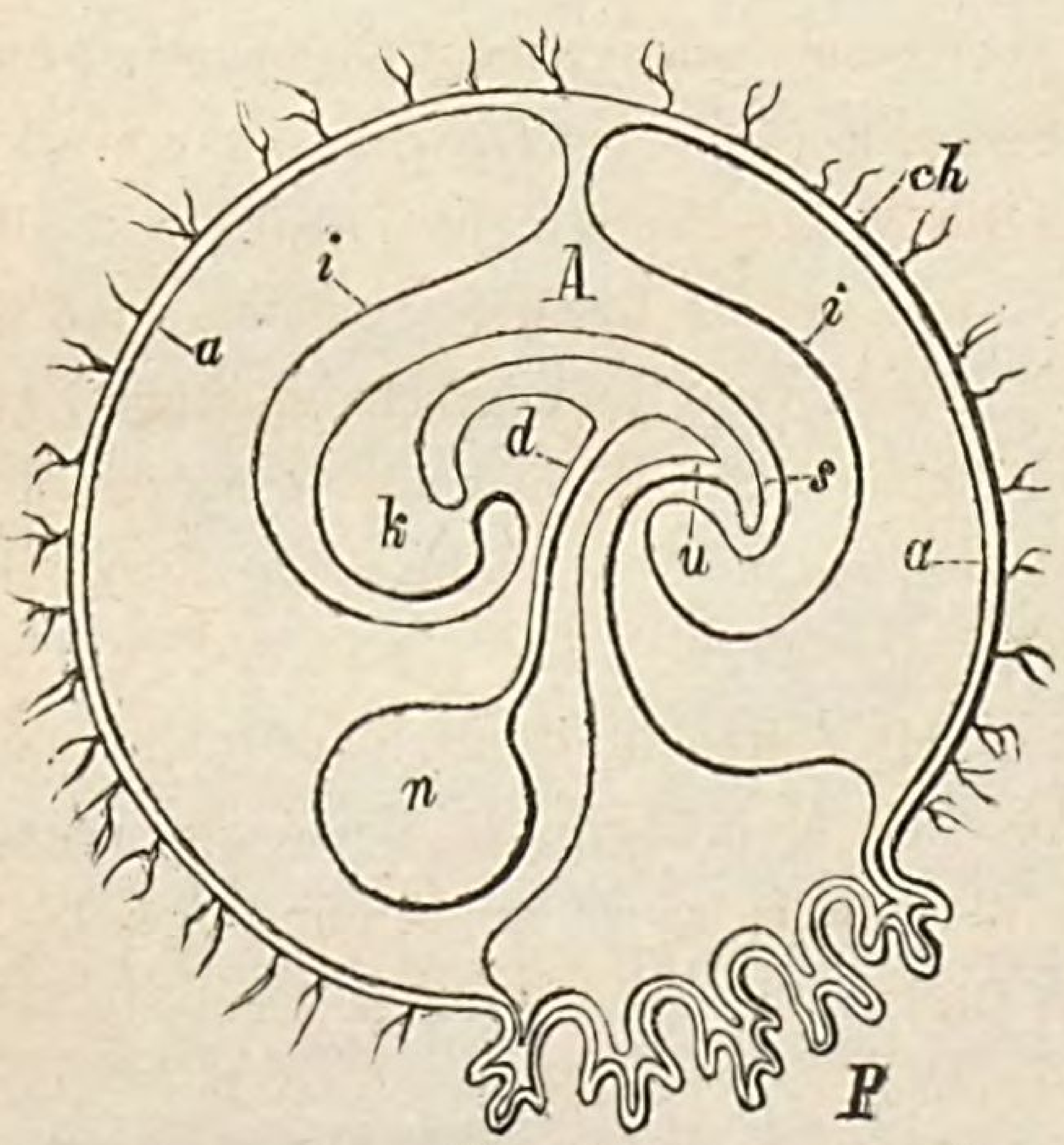


Fig. 170.

ch Chorion. *a* äussere Amnionplatte (Endochorion) — *i* Amnion (innere Platte). *A* Amnionhöhle, im Beginn der Bildung. *k* und *s* Kopf- und Schwanzende des Embryo. *d* Ductus omphalomesentericus, *n* Nabelblase. *u* Urachus. *P* Placenta; letztere repräsentirt einen viel späteren Zeitraum als die übrigen Theile der Figur.

wird zum Urachus, der ausserhalb der Leibeshöhle gelegene und weiter wachsende blindsackige Theil der Allantois füllt sich mit etwas Flüssigkeit, die theilweis wenigstens von den Vornieren herrührt und demnach eine Art Harn darstellt. Beim Menschen schwindet das Allantoissäckchen schon im Verlaufe des zweiten Monates; bei vielen Thieren, z. B. Wiederkäuern, wächst es weiter, bleibt mittelst des Urachus mit der Harnblase in Verbindung und enthält im späteren Verlauf der Schwangerschaft eine ziemliche Menge einer alkalischen, meistens trüblichen Flüssigkeit. Unter den Bestandtheilen sind zu nennen, ausser den gewöhnlichen Mineralstoffen, kleine Mengen Eiweiss, Zucker, ferner Harnstoff und das mit diesem verwandte Allantoin (246). Die Allantoisflüssigkeit hat anfangs ein specifisches Gewicht von 1008 und etwa 1 % feste Bestandtheile; später steigt das specifische Gewicht bis auf 1025, mit etwa 4—5 % Fixa (C. Schmidt).

662. Placenta.

Mit der Allantois wachsen Blutgefässe (2 Nabelarterien, 1 Nabelvene) hervor. Die Allantois, resp. ihr feines Gefässnetz, umwächst zwar das ganze Ei, d. h. die Innenfläche des Endochorion; aber nur an einer Stelle entwickeln sich die Gefässe besonders stark, indem sie sich daselbst in den Chorionzotten verästeln (Fig. 170 *P*). Diese Zotten, welche aus einer Grundlage von Bindegewebe und einem Epitelialüberzug bestehen, werden hier besonders gross, zahlreich und stark verästelt; in jede Zotte senkt sich eine kleine Arterie, die mittelst einer reichlichen, oberflächlichen Capillarität in eine, das Blut aus der Zotte abführende Vene (Anfang des Systems der Nabelvene) übergeht.

An dieser Stelle entwickelt sich aber auch, ausser den Chorionzotten und den fötalen Nabelgefässen, der entsprechende Theil der Decidua sammt den mütterlichen Blutgefässen. Die Muskelfaserschicht des Uterus gibt zahlreiche kleine Arterien ab, welche sich in die Decidua verästeln und in Capillaren übergehen. Letztere bieten, obschon ihr Lumen sehr zunimmt, anfangs immer noch den gewöhnlichen Typus der Capillargefässe; später aber gehen ihre, allmälig sehr dünn gewordenen, besonderen Wandungen zu Grunde. Nunmehr ist dieser Theil der Decidua, der häufig auch als serotina bezeichnet wird, durchzogen von (1/3—3/4 Linie) weiten blutführenden Hohlräumen, die sich derartig entwickeln, dass von der ursprünglichen Deciduagrundlage fast nichts mehr übrig bleibt. Die Blutzufuhr zu diesen Räumen geschieht durch kleine arterielle Zweigchen, die Blutabfuhr durch verhältnissmässig sehr starke Venen. In diese Hohlräume wachsen, wie E. H. Weber zeigte, die blutgefässreichen embryonalen Chorionzotten hinein; dadurch entsteht ein ungeheuerer endosmotischer Contact zwischen dem Blute der Mutter und der Frucht, der durch das bindegewebige Stroma und die Epitelialschicht der Zotten vermittelt wird. Offene Uebergänge zwischen den Blutgefässen der Mutter und der Frucht gibt es demnach nicht.

Beide Systeme von Gefässen verschmelzen immer mehr zu einem gleichmässigen Organ: Placenta, an dem man also ursprünglich zwei Theile unterscheidet: den kindlichen und den mütterlichen. Bei der Geburt wird die Placenta vom Uterus abgestossen und dadurch eine Blutung veranlasst.

Die Hauptaufgabe des Allantoissäckchens besteht somit darin, dass dasselbe bei seinem Weiterwachsen als Träger der embryonalen Blutgefässe dient, welche die Verbindung mit dem Blute der Mutter herstellen.

663. Spätere Schicksale der Appendicaltheile.

Im zweiten Monat befindet sich zwischen Amnion und Chorion noch ein relativ beträchtlicher Raum, der sog. Eiweissraum; das Amnion wächst aber stärker und legt sich am Ende des dritten Monates vollständig an das Chorion an. Die drei Eihüllen sind von jetzt an bloss noch gesonderte Schichten eines einzigen Sackes. Das Amnion, als innerste Haut des ganzen Sackes, überzieht das Chorion, sammt der Placenta und setzt sich von letzterer aus weiter, indem es die Nabelschnur bis zur Nabelhaut der Frucht umkleidet. Die immer blutreicher werdende Placenta ist später eine etwa $^1/_2$—$^3/_4$ Zoll dicke, rundliche Scheibe von 7—8 Zoll Durchmesser und 1—1$^1/_2$ Pfund Gewicht; die Nabelschnur ist schliesslich 18—20 Zoll lang. Das Chorion verliert in seinem ganzen Umfang, wo es sich nicht zur Placenta umbildet, die Zotten. Das Nabelbläschen (Dotterbläschen) entfernt sich immer mehr vom Embryo, indem der Ductus omphalo-mesentericus zunehmend länger wird und endlich in einen feinen Strang sich umwandelt, der meistens nach dem dritten Monat schwindet. Das Nabelbläschen selbst persistirt in der Placenta, jedoch als verkümmertes, physiologisch bedeutungsloses Gebilde. Bei vielen Säugethieren besteht es während des Fötallebens fort und nimmt selbst an Grösse zu; beim Menschen aber wird es nicht über 4—5 Linien gross.

Die Decidua, ein Produkt der inneren Schicht der Uterusschleimhaut, wird nach der Geburt abgestossen; der der Muskelschicht zunächst liegende, nicht zur Bildung der Decidua verwandte, Theil der Uterusschleimhaut bleibt aber zurück, sodass die Schleimhaut nicht, wie schon behauptet wurde, in ihrer ganzen Dicke abgestossen wird. Nur an der Placentarstelle bleibt der tiefere Theil der Decidua serotina (662) anfangs zurück, wird aber später ganz abgestossen, sodass die Muskelhaut bloss liegt, und die Schleimhaut an dieser Stelle völlig neu gebildet werden muss.

664. Amniosflüssigkeit.

Dieselbe, auch Schafwasser, Fruchtwasser genannt, variirt je nach der Fötalperiode und den Individuen ziemlich stark. Sie hat die allgemeinen Charaktere der serösen Flüssigkeiten, ist alkalisch, in der ersten Zeit wasserhell, später öfters trüblich durch beigemischte Epidermisplättchen des Embryo, Epitelien des Amnion u. s. w. Das specifische Gewicht beträgt gewöhnlich 1007—1011, kann jedoch innerhalb viel weiterer Grenzen schwanken. Unter den, $^1/_2$

bis fast 2 % betragenden, festen Bestandtheilen sind hervorzuheben: Eiweiss ($^1/_{10}$—$^1/_8$ %), kleine Mengen Zucker (immer?), wechselnde Antheile Harnstoff, relativ viele Mineralbestandtheile, namentlich Phosphate und Chlornatrium. In der Mitte der Schwangerschaft beträgt das Fruchtwasser 2—3 Pfunde, am Ende bloss noch etwa 1 Pfund; Quelle des Secretes sind die Gefässe der Eihäute, vorzugsweis der kindlichen, und zwar die feinen und sparsamen Gefässe, die, von den Nabelschnurgefässen aus, zwischen Amnion und Chorion verlaufen. Das Fruchtwasser schützt den Fötus gegen mechanische Eingriffe und die Nabelschnurgefässe gegen Druck; es erleichtert die Bewegungen des Fötus und ist auch für den Geburtsakt von Bedeutung.

C. Bildung der äusseren Leibesform.

665. Hirnschädel.

In 654 wurde erwähnt, dass die Ränder der sog. Rückenwülste zu einem Rohr sich schliessen: dem Medullarrohr. Das vordere, von Anfang an dickere, Ende des Rohres theilt sich am Ausgang der 3. Woche in 3 Erweiterungen, die Hirnblasen, deren innerste Schichten die anfangs sehr dünne Markmasse des Hirns darstellen, welches bald von einer häutigen Hülle (membranöses Primordialcranium, § 700) umgeben wird. Man unterscheidet: Hinterhirnblase: Anlage für verlängertes Mark, Kleinhirn, Brücke; Mittelhirnblase für Vierhügel und Hirnschenkel; Vorderhirnblase für Sehhügel und Grosshirnhemisphären. Diese drei, anfangs hinter einander liegende, Blasen nehmen in ungleichem Grade an Masse zu. Die Vorderblase beugt sich stark abwärts; die Mittelblase, anfangs die grösste, erhebt sich bedeutend über die beiden anderen und bildet mit ihnen zugleich starke Winkel (5. Woche), während die Hinterblase von dem Rückenmarkstheil des Medullarrohres durch einen auffallenden Knick, den sog. Nackenhöcker, sich abtrennt. Endlich entsteht eine leichte, in der Medianlinie der Schädeloberfläche von vorn nach hinten verlaufende Furche, als Andeutung der Abtrennung der einzelnen Hirnblasen in eine rechte und linke Hälfte.

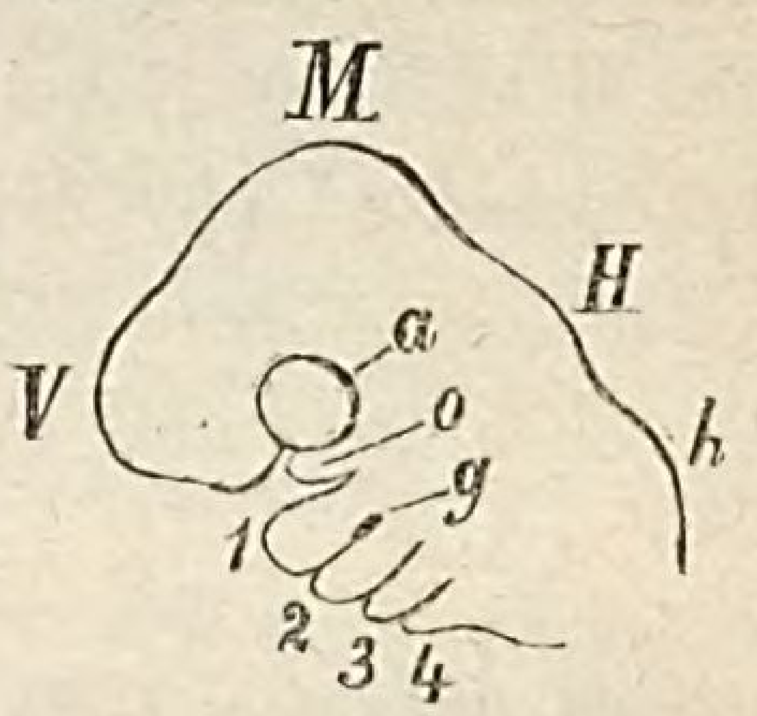


Fig. 171.

V Vorderhirnblase, *M* Mittel- und *H* Hinterhirnblase. *h* Nackenhöcker. *a* Auge. *o* Oberkieferlappen. 1—4 Visceralbögen. *g* Ohrgrube (s. § 669).

Im weiteren Verlauf der Entwickelung verschwinden diese Abschnürungen äusserlich und der Hirnschädel gewinnt eine rundlichere Form. Die Präponderanz der Vierhügelblase hört nämlich bald auf (7. Woche) und die Hemisphären des Grosshirns wachsen allmälig nach rückwärts über Sehhügel, Vierhügel und Kleinhirn. Dadurch wird das Hirn sammt seinen Umhüllungen

schon am Ende des dritten Monates länglich rund, zum Unterschied vom Hirn der Säugethiere, deren Grosshirnhemisphären diese Präponderanz nicht gewinnen.

666. Mundöffnung, Visceral-Bögen und Spalten.

Die erste Anlage des Gesichtes ist durch die Entstehung der Mundöffnung vorzugsweis charakterisirt. Das primäre Darmrohr löst sich (656) von der allgemeinen Leibeswand überall ab, mit Ausnahme des Anfangs, wo es eine gewisse Strecke lang mit der Leibeswand verwachsen bleibt und zugleich auch am weitesten ist. An diesem Vorderende des Darmes: der primären Mundhöhle, geschieht ein Durchbruch (wie später am Hinterende zur Afterbildung); dadurch entsteht die Mundspalte als weite Oeffnung unter der Schädelbasis. Ausserdem erfolgen, wie Rathke entdeckte, auf beiden Seiten einige (4) Durchbrüche durch die Leibeswand vom Vordertheil des Darmrohres aus und zwar in Form länglicher, von der Rückenseite nach der Vorderseite verlaufender Spalten: die sog. Visceralspalten, die zwischen sich kleine Leisten lassen: die sog. Visceralbögen. Ihre Weiterentwickelung s. 669.

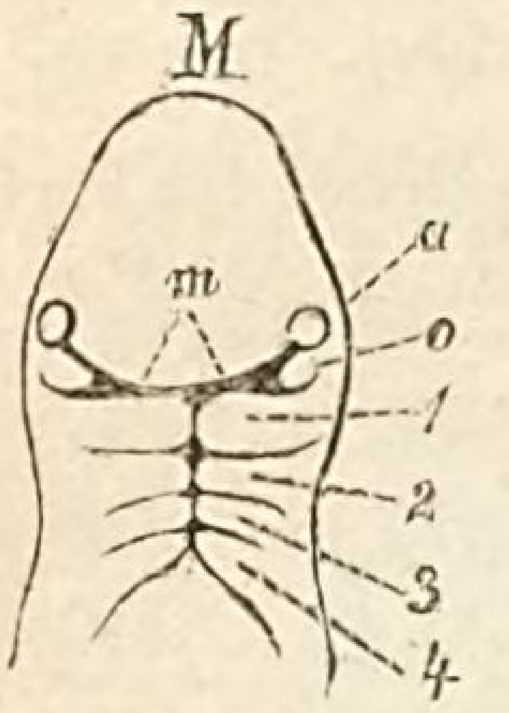


Fig. 172.

M Mittelhirnblase. — *m* Mundöffnung. *a* Auge. *o* Oberkieferlappen. *1, 2, 3, 4* Visceralbögen.

667. Riechgruben und Gesichtslappen.

Sehr frühe entsteht beiderseits ein rundliches grosses Bläschen: das Auge, von dem vorerst abgesehen wird, sowie vor und unter jedem Auge nach Bär eine Einstülpung: die (beim Fisch permanent bleibende) primäre Riechgrube, als Uranlage des Geruchsorganes, resp. des späteren Labyrinthes. Die Grübchen wachsen blindsackig in die Tiefe, setzen sich aber auch durch eine oberflächliche Rinne (Nasenfurche) mit der Mundöffnung in Verbindung.

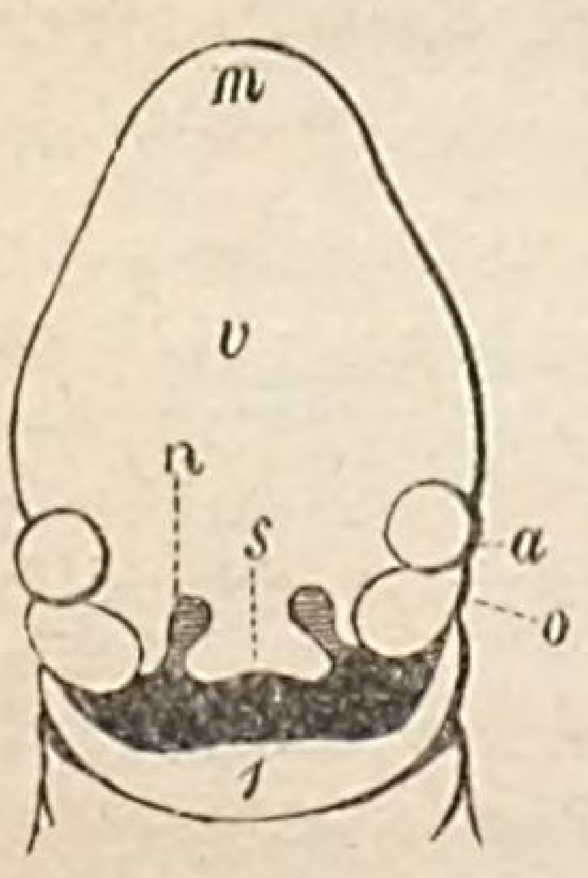


Fig. 173.

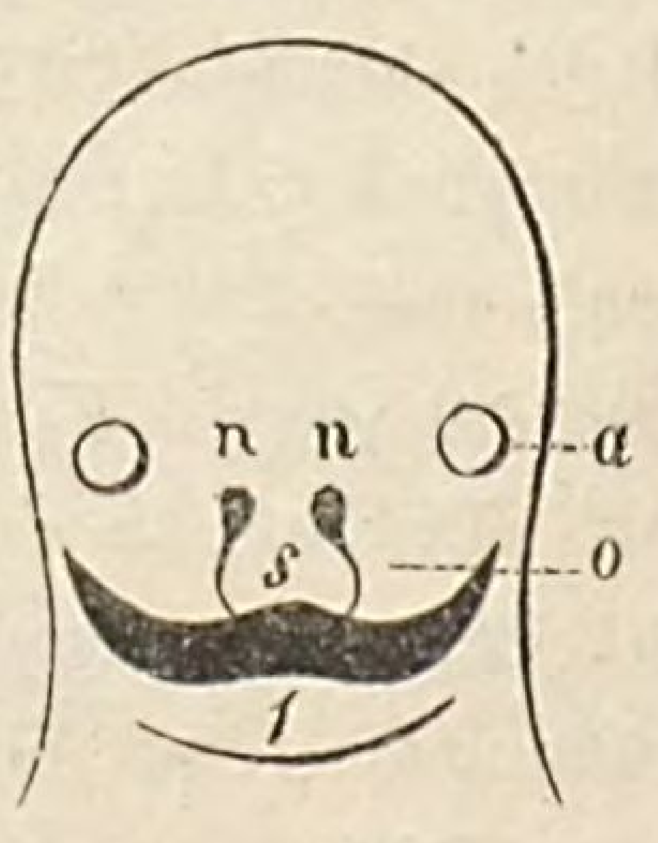


Fig. 174.

m Mittel- und *v* Vorderhirnblase. *a* Auge. *o* Oberkieferlappen, *s* mittlerer Stirnfortsatz. *1* erster Visceralbogen. *n* Fig. 173. Nasengrübchen, durch eine Rinne mit der Mundhöhle zusammenhängend. *n* (Fig. 174) Nasenlöcher.

An dem Vorderende der Basis des Hirnschädels, resp. dem Dach der primären Mundhöhle, bilden sich in der Mitte ein breiter, nach abwärts wachsender Fortsatz mit zwei seitlichen Flügeln, der mittlere Stirnfortsatz und auf jeder Seite ein, ebenfalls nach abwärts wachsender Lappen: die seitlichen Stirnfortsätze. Der innere Rand der Riechgrube und der Nasenfurche wird demnach vom mitt-

leren, der äussere Rand von den seitlichen Stirnfortsätzen begrenzt, Ein anderer, unter dem Auge entstehender Fortsatz, der Oberkieferlappen, die Grundlage vorzugsweis des Oberkiefer- und Jochbeins, wächst nach aufwärts und einwärts, dem Stirnfortsatz entgegen, und vereinigt sich (7. Woche) mit ihm. Durch diese Verbindung wird das äussere Nasenloch vollkommen abgegrenzt, sowie die frühere »Nasenfurche« in einen Gang verwandelt. Der »Nasengang« mündet unten in den Vordertheil der primären Mundhöhle, oben in die Riechgrube seiner Seite. Zwischen dem Oberkieferlappen und dem seitlichen Stirnfortsatz befindet sich eine bis zum Auge hinauf reichende Furche, welche sich später zum Canal schliesst: die Anlage des Thränencanals (Coste).

668. Theilung der primären Mundhöhle.

Jeder Oberkieferlappen, der, wie bemerkt, beiderseits die Grundlage vorzugsweise des Oberkiefer- und Jochbeines bildet, schickt ein horizontales Leistchen nach innen. Letztere wachsen von den Seiten her einander entgegen, um, zur Bildung des harten Gaumens, in der Mittellinie zusammenzustossen (9. Woche). Zugleich wächst hinter dem mittleren Stirnfortsatz und verbunden mit demselben, im zweiten Monat die Nasenscheidewand nach abwärts. Mit dieser Scheidewand verbindet sich der Gaumen, während im unteren Ende des Stirnfortsatzes auch der Zwischenkiefer sich bildet. Dieser stellt den Vordertheil des Gaumen- und Zahnfortsatzes des Oberkiefers dar; in ihm entstehen die oberen Schneidezähne. Der Zwischenkiefer verschmilzt schon im Anfang des 3. Monates mit den Oberkieferbeinen. Durch diese Vorgänge des Gaumenverschlusses wird die primäre Mundhöhle in einen unteren Abschnitt: die definitive Mundhöhle, und einen oberen, respiratorischen Abschnitt: den Nasenrachengang, geschieden, der zugleich durch die Nasenscheidewand in zwei seitliche Hälften abgetheilt wird. Jeder »Nasengang« mündet nunmehr unten in den Nasenrachengang seiner Seite, oben in das Labyrinth und das äussere Nasenloch. Der Nasengang wird immer weiter, wodurch seine Abgrenzung vom Nasenrachengang allmälig verschwindet. Beide zusammen bilden sodann die unteren Parthieen der definitiven Nasenhöhlen, während die oberen Parthieen der letzteren (das Labyrinth) die Weiterentwickelungen der Riechgruben sind.

Die Oberlippenbildung beginnt schon in der 9. Woche und zwar von beiden Oberkieferlappen und dem unteren Ende des Stirnfortsatzes aus. Stossen die oben genannten, einander entgegen wachsenden, Fortsätze nicht zusammen, so entstehen verschiedene, als Hasenscharte, Wolfsrachen u. s. w. bezeichnete Spalten als bleibende Bildungsfehler. Die äussere Nase bildet sich durch Erhebung der Ränder der flachen Nasenlöcher. Letztere sind anfangs nach vorn gerichtet und beginnen erst im 5. Monate nach abwärts gestellt zu werden. Durch Auflagerungen auf den ersten Visceralbogen bildet sich der Unterkiefer,

von dessen Mitte eine kegelförmige Wucherung nach rückwärts wächst: die Zunge.

669. Weiterentwickelung der Visceralbögen.

In dem Blastem der Visceralbögen (666) entstehen, von der knorpligen Schedelbasis (Primordialcranium, 700) aus, nach abwärts gerichtete, rippenartige, knorplige Ausläufer, die den Visceralbögen zunächst als Stütze dienen.

Das erste Visceralbogenpaar ist das grösste von allen; die Bogen wachsen nach vorwärts und stossen in der Mittellinie zusammen. Sie stellen die Anlage des Bodens der Mundhöhle, des Vordertheils der Zunge (Dursy) und des Unterkiefers dar. Das zweite Visceralbogenpaar verwächst mit dem ersten Paar in seinem ganzen vordern Verlauf, nicht aber am Ursprung, sodass auf jeder Seite zwischen dem ersten und zweiten Bogen eine Spalte zurückbleibt: die Ohrgrube (713). Das 3. und 4. Bogenpaar vereinigen sich ebenfalls, sowohl unter sich, als mit den vorwärts und rückwärts liegenden Theilen.

Das 2. und 3. Bogenpaar enthält auch die Anlage der Wurzel der Zunge (Dursy). Der Knorpel des ersten Visceralbogens, ein länglicher dünner Knorpelstreif, heisst Meckel'scher Knorpel. Auf seiner Aussenseite bildet sich der Unterkiefer. Der Meckel'sche Knorpel lässt sich später bis in die Trommelhöhle (der Weiterentwicklung der Ohrgrube, 713) verfolgen; aus seinem hinteren Theil entstehen, nach Reichert, Hammer und Ambos (nach Magitot auch der Steigbügel). Der vordere Theil, der sog. Meckel'sche Fortsatz tritt durch die Glaser'sche Spalte (die ebenfalls einen Rest der ersten Visceralspalte darstellt) aus der Trommelhöhle. Der in der Trommelhöhle befindliche Theil des Meckel'schen Fortsatzes verbleibt als Processus Folianus mallei; wogegen der vordere, an den Unterkiefer sich anlegende Theil, ohne verknöchert gewesen zu sein, gegen Ende des Fötallebens verschwindet.

Der zweite Visceralbogen trennt sich bald von der knorpligen Schedelbasis; aus seinem hintern Ende entstehen nach Reichert Steigbügel und Musc. stapedius; aus dem vorderen Theil entwickelt sich der Processus styloideus, der später in einer kürzeren oder längeren Strecke verknöchert, ferner das Lig. stylohyoideum und das kleine Zungenbeinhorn.

Vom dritten Visceralbogen verschwinden die Anfangsstücke, während die mittleren Theile nach Reichert vorzugsweis als Körper und grosse Hörner des Zungenbeines sich entwickeln.

Das 4. Visceralbogen-Paar verwächst mit der Haut des Halses. In der 5. Woche sind alle Visceralspalten geschlossen.

Die frühere Bezeichnung »Halsrippen« für die Visceralbögen beruht auf einem ungerechtfertigten Vergleich. Rathke hob die Aehnlichkeit der Visceralbögen mit analogen Fortsätzen im Fischembryo hervor, den ersten Anlagen der bleibenden Kiemen, daher die früher gebrauchten Bezeichnungen: Kiemenbögen und Kiemen-

spalten. Kiemenbögen sind diese Bildungen selbstverständlich nicht, sondern nur etwas, was Kiemen unter Umständen werden kann.

670. Rumpf.

Die Sonderung des Embryo in einen Kopftheil und den, anfangs stark gekrümmten, Rumpf erfolgt sehr frühe; der Rumpf schnürt sich zugleich, indem die Wandung der Leibeshöhle sich ausbildet, von der Dotterblase ab. Diese Wandung ist anfangs sehr dünn und durchsichtig, sodass die Eingeweide, namentlich das stark hervorragende Herz und die Leber, blosszuliegen scheinen. Auch liegt noch eine Darmschlinge in der Nabelöffnung (d. h. im Anfang der Nabelschnur). In der 5. Woche haben sich die noch dünnen Visceralplatten einander so genähert, dass die Nabelöffnung klein wird.

Später consolidirt sich die Leibeswand, während zugleich die Nabelöffnung relativ immer enger wird. Ein Halstheil scheidet Rumpf und Kopf deutlich von einander und in der Mitte des 2. Monats sondern sich auch Brust und der, durch die Leber stärker prominirende, Bauch merklich von einander. Schon in der 4. Woche wächst aus dem hinteren Rumpfende ein Fortsatz hervor: der Steiss, der als Hervorragung erst in der 10. Woche verschwindet. Die, anfangs gemeinsame, After- und Geschlechtsöffnung bildet sich in der 7. Woche und über derselben eine Wucherung, als Anfang der äusseren Geschlechtstheile.

671. Gliedmaassen.

In der 4. Woche, nachdem die Hauptheile des Kopfes und Rumpfes angelegt sind, bilden sich die Gliederwülste als kleine kegelförmige Wucherungen und anfangs indifferente Massen, in denen erst später die Sonderung in die einzelnen histologischen Elemente erfolgt. Die oberen Gliedmaassen gehen in der Entwicklung den unteren etwas voran. Die Gliederwülste werden zunächst breiter und etwas gebogen. In der 5. Woche unterscheidet man ein schaufelförmiges Endstück: Hand und Fuss (*s* Fig. 175) und ein kegelförmiges Anfangsstück (*a*), das aus dem Wurzelstück (*w*) (Schulter, Hüfte) hervorkommt. Dasselbe scheidet sich in der 7. Woche in den Ober- und Vorderarm und den Ober- und Unterschenkel; Hand und Fuss werden breiter und platter und erhalten schwache Furchen als Andeutungen der Finger und Zehen.

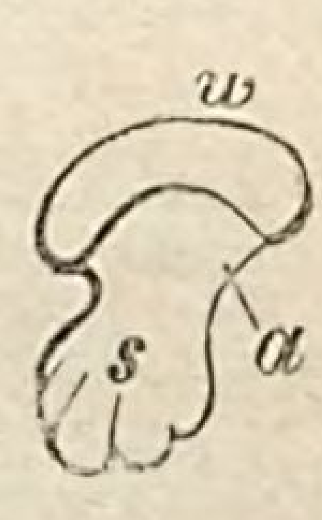


Fig. 175.

In der 8. Woche sind die Finger, etwas später die Zehen getrennt. In der ersten Hälfte des 3. Monats wird die Artikulation der Glieder noch schärfer und am Ende dieses Monats haben die Glieder im Verhältniss zum Rumpf schon eine gehörige Länge.

672. Allgemeine Bedeckungen.

Die oberflächlichsten embryonalen Bildungszellen sind die Grundlagen der, anfangs sehr dünnen, allgemeinen Bedeckungen. Aus dem äusseren Keimblatt entsteht nach Remak die Epidermis (und deren Annexa), während die äussere Schicht des mittleren Keimblattes sich zur Cutis umgestaltet, wobei die ursprünglich homogenen Zellen sich sondern in die einzelnen histologischen Bestandtheile: Bindegewebe als Stroma der Haut, Nerven, Blutgefässe u. s. w. Die Hautwärzchen treten erst im 4. Monat hervor. Die Oberhaut zeigt namentlich in der zweiten Hälfte des Fötallebens eine langsame Abschilferung ihrer oberflächlichsten Schicht. Die Anlage der Haare und der Hautdrüsen datirt etwa vom 4. Monat. Die Haare selbst sind flaschenförmige Verlängerung der innersten Epidermislagen in die Lederhaut, während die Haarbälge aus letzterer selbst entstehen. Die Haare durchbrechen beim Weiterwachsen die Epidermis und stellen einen feinen Flaum dar; sie fallen theilweis aus und kommen desshalb vereinzelt im Fruchtwasser vor. Die eigentlichen Kopfhaare des Fötus sprossen erst im 6. Monat hervor; sie sind in reifen Früchten durchschnittlich $^3/_4$ Zoll lang. Die Talgdrüsen entstehen als Auswüchse der Haarbälge. Die Schweissdrüsen bilden sich als solide Einstülpungen der untersten Epidermisschicht, die erst später Windungen und Lichtung erhalten. In den letzten Monaten des Uterinlebens ist die Haut des Fötus von einem weisslichen, zähen Ueberzug bedeckt, der Vernix caseosa, einem Erzeugniss der Talgdrüsen (Wrisberg) und der Epidermoidalabschuppung. Dasselbe ist zusammengesetzt aus Talgzellen, Fetttröpfchen und ganz vorzugsweise aus Epidermisschüppchen (G. Simon). Da, wo die Talgdrüsen besonders entwickelt sind (behaarter Theil des Kopfes, Achselgrube, Leisten- und Schamgegend, Beugeseite der Glieder), ist die Vernixschicht besonders stark. Der Ueberzug dient vorzugsweis als Schutz für die Epidermis und verhütet die Imbibition derselben mit Fruchtwasser.

673. Körpergrösse.

Der Neugeborene wiegt 6—7 Pfunde (3200 Gramme im Mittel). Die Angaben der Forscher über das Körpergewicht in den einzelnen Fötalperioden, namentlich in den früheren, sowie über die Gewichte der Einzelorgane, weichen sehr von einander ab. Bessere Uebereinstimmungen bieten die Ausmessungen der Körperlänge.

nach Ablauf von	Körperlänge par. Zolle	Körpergewicht in Grammen	nach Ablauf von	Körperlänge par. Zolle	Körpergewicht in Grammen
3 Wochen	$^1/_5$	—	20 Wochen	10 (3)	284
4 »	$^1/_4$—$^1/_3$	—	24 »	$12^1/_2$	634
6 »	$^3/_4$	—	28 »	$14^1/_2$ (4)	1218
8 »	gegen $1^1/_3$	—	32 »	16	1569 (?)
12 »	3 ($^3/_4$)	11	36 2	über 17 ($5^1/_2$)	—
16 »	7 (2)	57	40 »	19 (über 6)	—

Bis zur achten Woche einschliesslich bedeuten die Körperlängen die Abstände (in gerader Linie) vom Scheitel zum Steiss; von der zwölften Woche ist die Beinlänge dazu gerechnet, jedoch auch in Klammern für sich angegeben.

XXXIII. Einzelorgane des Embryo und deren Funktionen.

674. Grundformen des Kreislaufes.

Man unterscheidet 4 Perioden: 1) in der ersten besitzt der Embryo sammt seinen Appendicaltheilen weder Blut noch Gefässe. 2) Dotterblasen- (Nabelblasen-) circulation, die erste und einfachste Form des embryonalen Blutlaufes. 3) Placentarcirculation, in der übrigen Zeit des Embryonallebens. 4) Lungencirculation, die definitive Kreislaufsform nach der Geburt.

Die bleibende Form der Circulation ist charakterisirt durch die vollkommene Trennung der Lungen- und Körperblutbahn; das Blut fliesst (in den zwei höheren Wirbelthierklassen) in einem vollständigen Kreis, d. h. jedes Blutkörperchen gelangt während eines Umlaufes durch die Capillarität der Lungensowie der Aortenblutbahn. Diese Form beginnt unmittelbar nach der Geburt mit der eigentlichen Funktionirung der Lungen; die Kreislaufsorgane bereiten sich aber allmälig für dieselbe vor, so dass frühzeitig geborene Kinder, in einzelnen Fällen sogar von der 26.—30. Woche an, am Leben bleiben können.

Die erste Form des embryonalen Kreislaufes: die Dotterblasencirculation, wurde, des Zusammenhanges wegen, in 657 berührt. Die Darstellung beginnt am Zweckmässigsten mit den beiden fötalen Kreislaufsformen und zwar in ihrer fertigen Gestalt; hierauf folgt die Entwickelung der einzelnen Theile des Gefässsystems und endlich der Uebergang der 1. in die 2. und der 2. in die bleibende Form.

675. Erster embryonaler Kreislauf.

Das relativ sehr grosse Herz, welches im vordersten Theil der allgemeinen Leibeshöhle liegt, stellt anfangs einen einfachen Schlauch dar (657). Das vordere, arterielle Herzende, der Truncus arteriosus communis, theilt sich in zwei Schenkel: erstes Aortenbogenpaar (a′ Fig. 176 u. § 679). Diese Gefässe umwachsen das Vorderende des Darmrohres und verlaufen rechts und links in dem Halstheil der allgemeinen Leibeswand nach aufwärts, um in der Medianlinie wieder zusammenzustossen zur Bildung der einfachen kurzen Aorta. Die Aorta gibt zunächst in die vorderen Theile des Embryo Zweige ab und spaltet sich in ihrem weiteren Verlauf nach unten, längs der Wirbelsäule, in zwei Aeste.

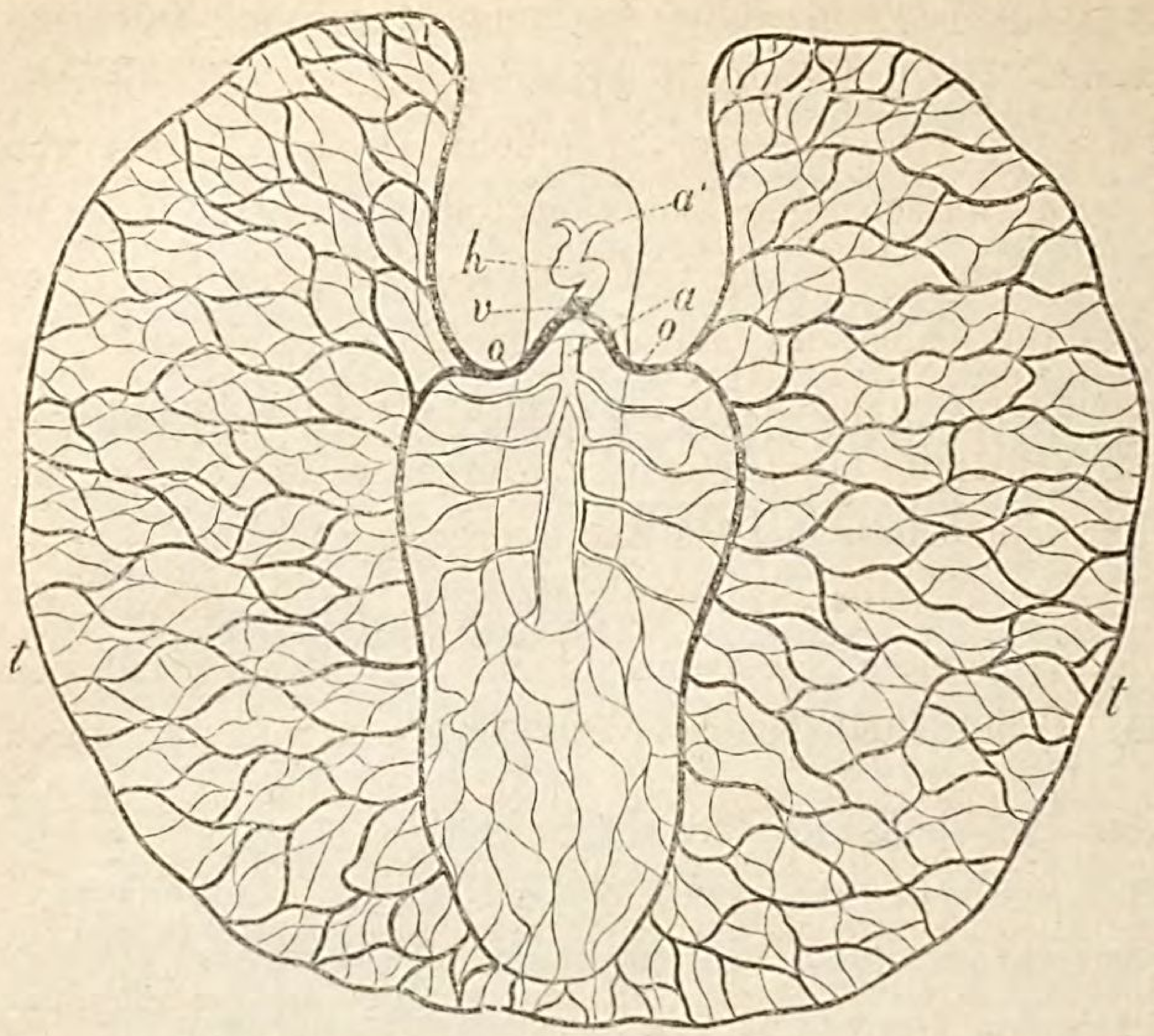


Fig. 176.

Fig. 176 nach Bischoff. *h* Herz, *a'* erstes Aortenbogenpaar, *a* Aorta in 2 Endäste sich spaltend. Von der Aorta und den Endästen gehen zahlreiche Arteriae omphalo-mesaraicae ab. *t* Sinus terminalis (des Kaninchens) übergehend in die (dickeren) Dotterblasenvenen, die jederseits zu einer Vena omphalo-mesaraica (*o*) zusammentreten. Beide *o* verschmelzen zu einem kurzen in das Herz mündenden Truncus venosus communis (*v*).

Sowohl die Aorta als deren Zweige entlassen jederseits mehrere sog. Arteriae omphalo-mesaraicae, die später bis auf eine verschwinden und sich mit den Gefässen verbinden, die, unabhängig von der Herzanlage, in der Wandung der Dotterblase selbst entstanden sind. Die Dotterblase ist nunmehr von einem Gefässnetz vollkommen umwachsen ist. Die Entstehung dieser Gefässe s. in 679.

Bei manchen Säugern, besonders aber in den Vögeln, deren Dottercirculation wegen des grossen Dotters viel wichtiger ist, geschieht dieses Umwachsen so, dass die Grenze zwischen dem schon von Gefässen durchzogenen und dem noch gefässlosen Theil der Dotterblase durch ein ringförmiges Gefäss: Sinus terminalis angegeben ist. Dieses fehlt im Menschen.

Das aus der Nabelblase zurückfliessende Blut führt dem Embryo resorbirte Bestandtheile aus der Dottermasse zu; es sammelt sich in die beiden Venae omphalo-mesaraicae, welche durch einen gemeinsamen kurzen Venenstamm (Truncus venosus communis) in das Hinterende des Herzens münden. Die V. v. omphalo-mesaraicae nehmen auch das aus dem Körper des Embryo und der Allantois zurückfliessende Blut auf (682).

Der erste Kreislauf ist somit ein vorzugsweise e x t r a e m b r y o n a l e r. Seine Dauer hängt von der Bedeutung der Nabelblase ab; im Menschen ist er schon in der 5. Woche sehr beträchtlich reducirt, während er im Vogel bis zum Auskriechen aus dem Ei fortdauert, wobei er allerdings immer mehr gegen den zweiten Circulationstypus zurücktritt.

676. Zweiter embryonaler Kreislauf.

Die zweite Form des fötalen Blutlaufes heisst, wegen ihrer am meisten charakteristischen Gefässprovinz, Placentencirculation. Die zwei Nabelarterien, beiderseits Zweige der Arteria hypogastrica, führen das fötale Blut durch den

den Nabelstrang zur Placenta, wo dasselbe in innige Berührung mit dem mütterlichen Blute kommt. Die Ungleichheit beider Blutarten ruft lebhafte Diffusions- und endosmotische Ströme hervor, nämlich: 1) eine Abgabe von Kohlensäure und wohl auch von sonstigen Excretionsstoffen (Harnstoff?) in das Blut der Mutter, sowie 2) einen Uebergang von Sauerstoff und von fixen, zur Ernährung dienenden Bestandtheilen des mütterlichen Blutes in das Blut des Fötus. Die Placenta versieht also gleichzeitig die Dienste als Athmungsapparat, als Aufnahmsorgan fixer Nährstoffe (analog den resorbirenden Blutgefässen der Schleimhaut des Nahrungsschlauches) und als Excretionsorgan.

Von der Placenta kehrt das Blut (relativ) arterieller durch die in der Nabelschnur verlaufende klappenlose Nabelvene zurück. Der Strom theilt sich aber (681) in 2 Bahnen: 1) ein Theil fliesst in die Leber und von da, durch die Venae hepaticae in die Vena cava inferior; dieses Blut wird also in der Leber sogleich wieder venös. 2) Ein kleiner Theil ergiesst sich durch den Ductus Arantii, das eigentliche Endstück der Nabelvene, also ohne »venös« zu werden, in die Cava inferior, woselbst es sich mit dem von den unteren Theilen des Rumpfes und den unteren Gliedmaassen zurückströmenden Venenblut vermischt.

Die Cava inferior mündet gegenüber dem Foramen ovale, einer Oeffnung in der Scheidewand der Vorkammern, in die rechte Vorkammer; dadurch, sowie vermöge einer besonderen Anordnung der Eustachi'schen Klappe (678) wird der Strom aus der rechten Vorkammer viel mehr der linken Vorkammer als der rechten Herzkammer zugelenkt. Dagegen ist beim Strom der Vena cava superior, welche der rechten Vorkammer venöses Blut aus Kopf und oberen Extremitäten zuführt, die Richtung zur rechten Kammer mehr begünstigt als das Ueberströmen in die linke Vorkammer.

Die rechte Kammer speist zwei Blutbahnen: 1) die Lungenarterie, welche jedoch nur wenig Blut den Lungen zuführt, und 2) den Botalli'schen Gang, die ungleich wichtigere Bahn, die das meiste Blut der rechten Kammer in die Aorta descendens leitet. Die linke Vorkammer empfängt als Zufuhren: 1) venöse aus den Lungen in kleinen Mengen und 2) einen Theil des Blutes der rechten Vorkammer und zwar, wie bemerkt, vorzugsweis solches, das mehr aus der oberen Hohlvene einströmt. Die linke Herzkammer treibt dieses Blut weiter in den Arcus aortae und dessen Verzweigungen.

Diese Kreislaufsform ist am meisten ausgeprägt in der Mitte des Fötallebens und durch Folgendes charakterisirt: 1) der Lungenblutlauf ist nur ein Anhängsel der Körpercirculation; die, bloss im Wachsthum, nicht aber in ihrer specifischen Funktion begriffenen Lungen empfangen nur geringe Blutzufuhren. 2) Das Blut der Cava superior geht vorzugsweise durch die Aorta descendens zu den unteren Körpertheilen. Dieses venösere, also oxydationsbedürftigere Blut schlägt zum Theil die Placentenbahn ein. 3) Das sauer-

stoffreichere Blut der Cava inferior versorgt vorzugsweis die oberen Körpertheile und das Gehirn.

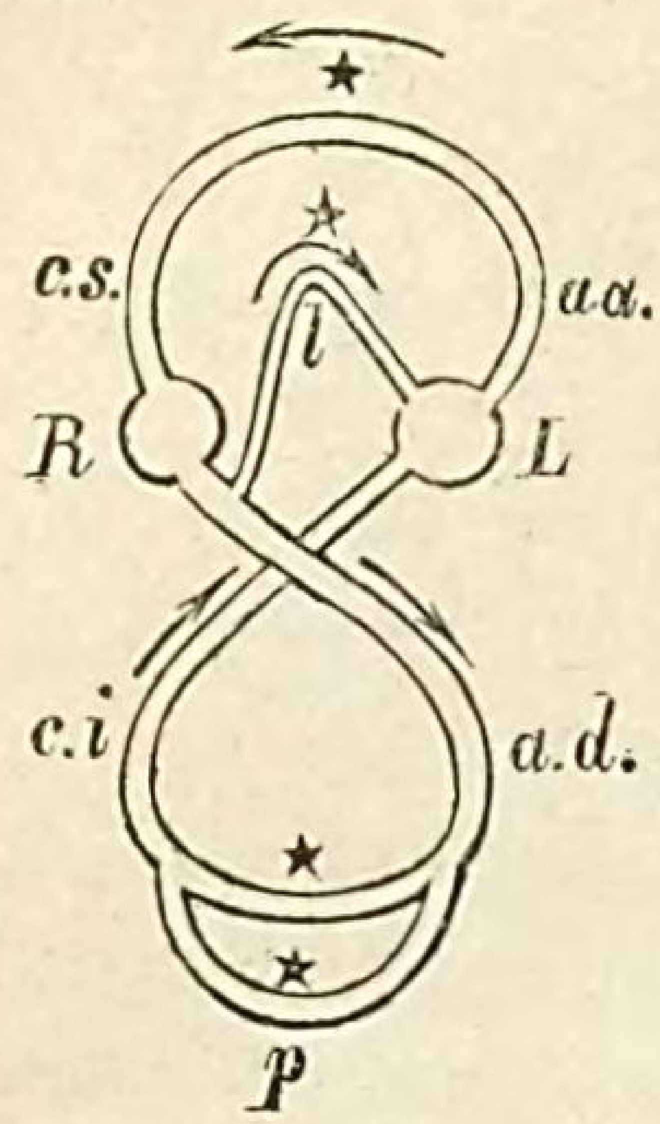


Fig. 177.

Fig. 177 schematisirt die Hauptbahnen. *R* rechte, *L* linke Herzkammer. *l* Lungenblutbahn. *a a* Arcus aortae (obere Körperarterien). *c. s* Cava superior. *a. d* Aorta descendens (untere Körperarterien). *c. i* Cava inferior. *p* Placentenblutbahn. * Capillaritäten.

Der Uebergang dieser Kreislaufsform in die bleibende wird in der späteren Fötalperiode besonders durch Folgendes bezeichnet. Das Blut der Vena cava inferior fliesst immer mehr in die rechte Kammer, immer weniger in den linken Vorhof, indem das Foramen ovale allmälig kleiner wird und die (678 zu schildernde) Verrichtung der Eustachi'schen Klappe zurücktritt. Die rechte Kammer schickt zunehmend mehr Blut durch die Lungenarterie in die, stärker sich entwickelnden Lungen, dagegen immer weniger Blut in die Aorta descendens. Nach der Geburt wird der Botalli'sche Gang in 1—2 Tagen, das Foramen ovale langsam (innerhalb einiger Wochen) geschlossen.

677. Einfacher Herzschlauch.

Die erste Metamorphose des einfachen Herzschlauches (657) besteht in einer Trennung in drei hintereinander liegende Abtheilungen: Vorkammer, Kammer und Truncus arteriosus communis (Fig. 178). Der anfangs gerade Herzschlauch krümmt sich S förmig; zugleich kommt die bisher oben liegende Kammer nach unten und das bisher untere, den Truncus venosus aufnehmende Ende: die Vorkammer, durch eine Drehung, nach oben und hinten. Die Kammer hat anfangs eine Magenform, später streckt sie sich und wird kegelförmig; die Vorkammer zeigt schon frühe zwei starke seitliche Ausbuchtungen, die Anlagen der Herzohren. Der Truncus venosus communis mündet in der Mitte der Hinterwand in die gemeinsame Vorkammer. Seine beiden Aeste (deren Bildung in 682 dargestellt wird) sind die Cava inferior und superior. Der kurze Truncus venosus wird beim Wachsthum der Vorkammer in die letztere hereingezogen, d. h. die Venenwandung

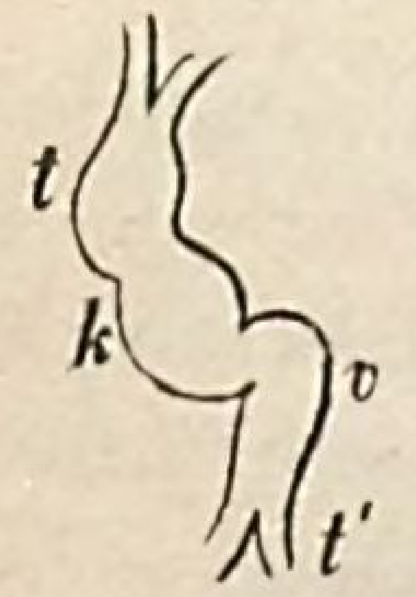


Fig. 178.

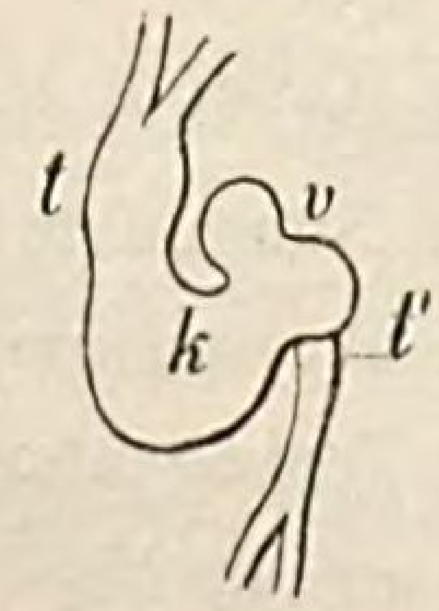


Fig. 179.

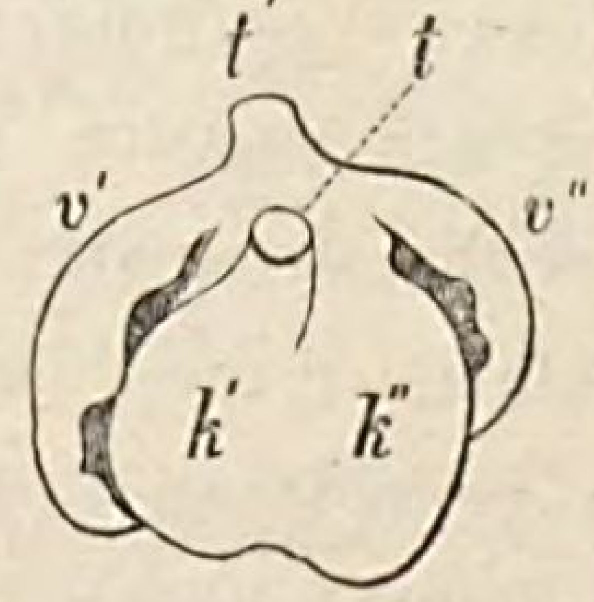


Fig. 180.

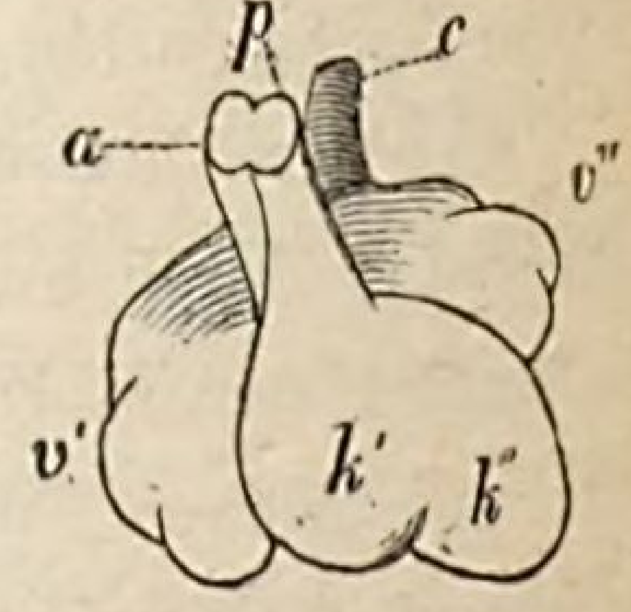


Fig. 181.

wird für die Mitte der Hinterwand der Vorkammer verwendet. Jetzt münden also beide Cavae gesondert in die Vorkammer.

Figuren 178 bis 182: Herz in seinen Hauptentwickelungsstadien (von vorn gesehen). *t'* Truncus venosus communis. *C* Vena cava superior. *v* Einfache, *v'* rechte, *v''* linke Vorkammer. *k* Einfache, *k'* rechte, *k''* linke Kammer. *t* Truncus arteriosus communis, derselbe beginnt in Fig. 181 sich zu spalten in Aorta (*a*) und Arteria pulmonalis (*p*). In Figur 182 *p''* und *p'* A. pulmonalis dextra und sinistra. — *A* Arcus aortae mit seinen Aesten; *A'* Aorta descendens. *B* Ductus Botalli.

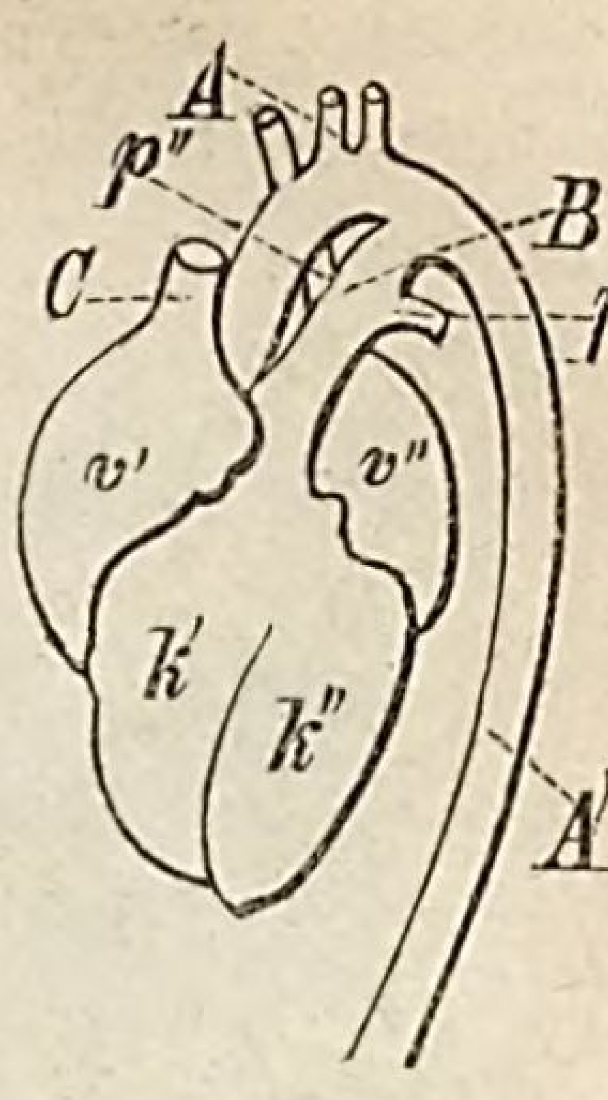


Fig. 182.

678. Rechtes und linkes Herz.

Die Scheidung in ein rechtes und linkes Herz beginnt in der 4. Woche. Von der unteren Wand der Kammer wächst eine Scheidewand nach aufwärts; die dadurch entstehende Trennung in eine rechte und linke Kammer ist auch äusserlich am Herzen angedeutet durch eine Vertiefung. Eine Stelle des früheren Herzschlauches zwischen der stark sich erweiternden Kammer und Vorkammer bleibt im Wachsthum zurück, der sog. Canalis auricularis. In diesen wächst die Kammerscheidewand hinein, wodurch ein rechtes und linkes Ostium atrio-ventriculare entsteht, an deren Rändern die Klappen sich ausstülpen. Die Trennung beider Kammern ist in der 8. Woche fertig.

Auch in die Vorkammer, welche in dieser Zeit die Kammer an Grösse übertrifft, wächst eine Scheidewand herein und zwar als Fortsetzung sowohl des oberen Randes der Kammerscheidewand als auch der Vorderwand der Vorkammer selbst. Die dadurch entstehende Leiste trennt aber nur den Vordertheil der Vorkammern und zeigt einen nach hinten gerichteten concaven Rand.

Die Vena cava superior, welche anfangs über der Cava inferior in die Vorkammer mündete, rückt nach rechts, in die sich bildende rechte Vorkammer; die Cava inferior dagegen mündet der vorhin erwähnten Leiste gegenüber, d. h. in beide Vorkammern. (Die anfängliche Entwicklung der in den Vorhof mündenden Venen s. 682.) In dem Schema Fig. 183 sind beide Vorkammern von oben blossgelegt und die obere Wand der Cava inferior entfernt. Die untere Wand der letzteren ragt, wie die dreieckige Spitze einer Schreibfeder (*i*) in die Vorhöfe herein, sodass die beiden Ränder derselben am unteren Horn der Vorkammerleiste (bei *s*) zusammenstossen. Der linke Rand jener dreieckigen Spitze der Cava wächst weiter zu einer senkrechten Leiste mit nach vorn gerichtetem concavem Rand, welche demnach den hinteren Vorkammerraum in eine rechte und linke Hälfte abtheilt. Die Ränder der vorderen und der so eben erwähnten hinteren Vorkammerleiste schliessen somit ein rundes Loch ein: das Foramen ovale, die Communication zwischen beiden Vorkammern oder gewissermaassen die Mündung der Cava inferior in die linke Vorkammer. Der hintere concave

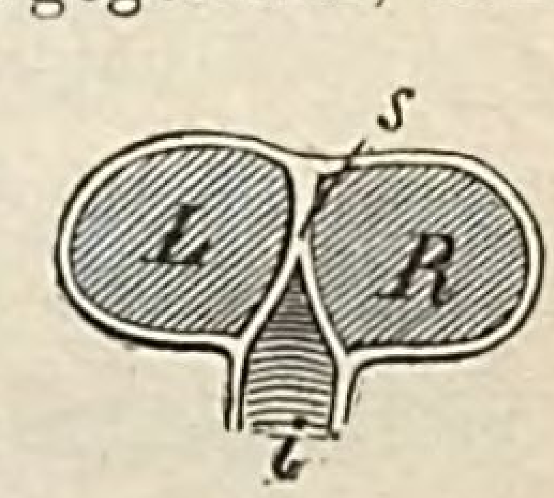


Fig. 183.

Rand dieser Mündung versieht theilweis den Dienst einer Klappe (Valvula foraminis ovalis). Das schreibfederförmige Ende der Cava inferior wird zur Eustachi'schen Klappe (bloss der linke Rand dieser Schreibfeder entwickelt sich, wie gesagt, zur hinteren Vorkammerscheidewand und namentlich zur Valvula foraminis ovalis). Die nur im Fötus wirksame Eustachi'sche Klappe bewahrt ihre dreiseitige Form, und bildet eine unvollständige Scheidewand, welche dem durch die Cava inferior zufliessenden Blut den Uebergang in die rechte Kammer etwas erschwert und mehr die Stromrichtung nach der linken Vorkammer begünstigt. Ein in die rechte Vorkammer hereinragender Wulst am hinteren, oberen Umfang des Foramen ovale, das Tuberculum Loweri, trägt wohl auch dazu bei, den Strom der Cava superior von dem der inferior etwas abzuleiten (Retzius).

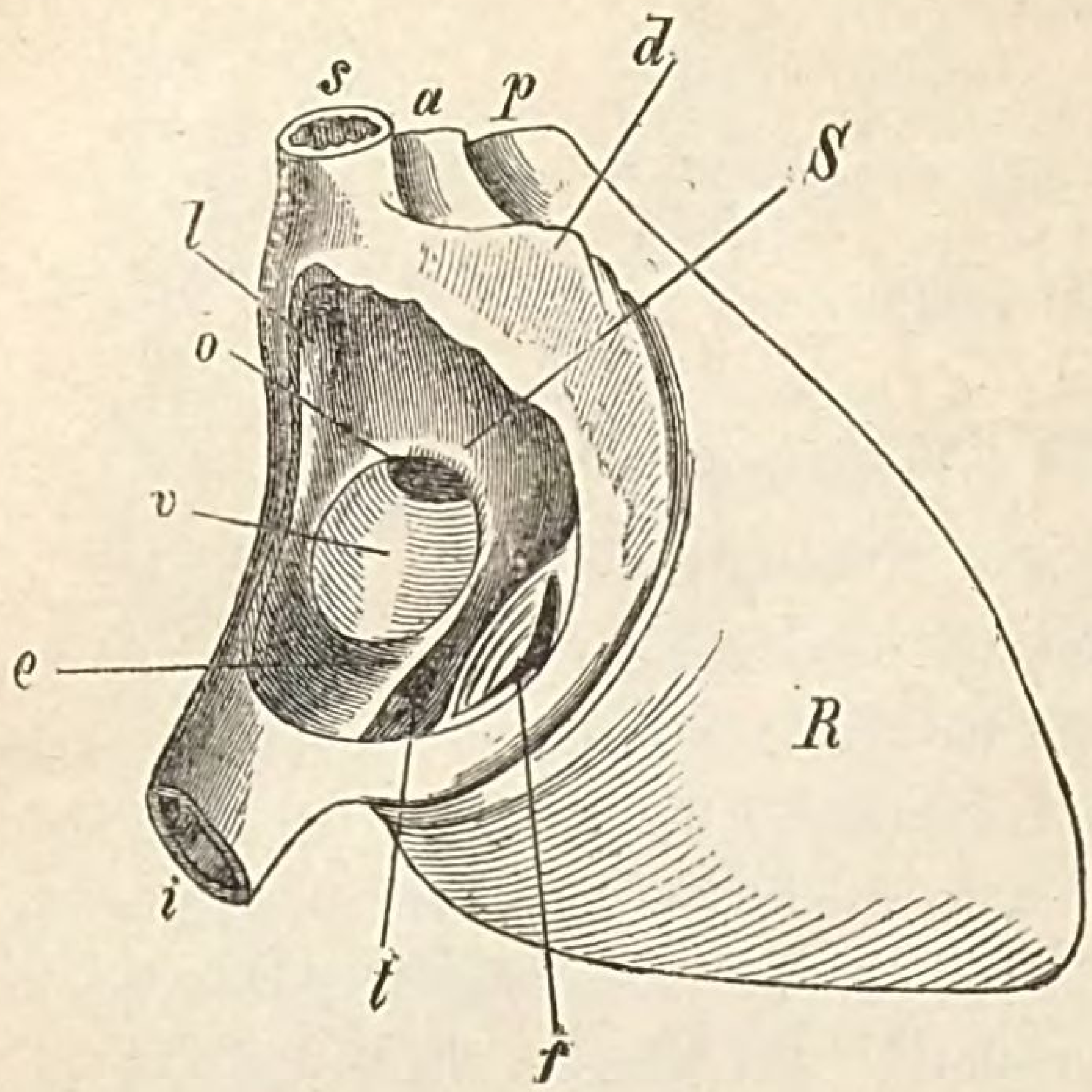


Fig. 184.

Herz des Neugeborenen. Die Aussenwand des rechten Vorhofes ist weggeschnitten. *R* rechte Kammer. *p* Art. pulmonalis. *a* Aorta. *s* Cava sup. *i* Cava inf. *e* Eustachi'sche Klappe. *o* Foramen ovale; *v* dessen Klappe. *S* Septum atriorum. *t* Thebesische Klappe. *l* Tuberculum Loweri, *f* Ostium atrio-ventriculare. *d* Auricula dextra.

Die vollständige Trennung beider Herzkammern fordert zugleich eine Abspaltung des Truncus arteriosus communis in zwei Gefässe. Es bildet sich nämlich an der Vorder- und Hinterwand des Aortenbulbus je eine Einschnürung, die in der Längsaxe des Gefässes verlauft und sich bis zu dessen Theilung in das erste Aortenbogenpaar erstreckt (Fig. 181). Dadurch entstehen zwei, in der Gefässlichtung einander entgegenwachsende, Scheidewände; nach deren Zusammenstossen ist die Trennung des Truncus arteriosus vollendet, d. h. aus der linken Kammer geht die Aorta, aus der rechten die Pulmonalarterie ab.

679. Arterien.

Ihre Entwickelung ist vorzugsweise von Rathke untersucht worden. Der kurze Truncus arteriosus communis gibt, nach 675, anfangs auf jeder Seite nur einen Bogen ab, der vor der Wirbelsäule, parallel mit dem anderen, bis zum hinteren Leibesende verläuft. Diese primitiven Aorten verschmelzen, nach Remak, im Hühnchen vom 3. Tag an, mit einander; der vordere, nicht verschmolzene Theil heisst dann Aortenwurzel, der hintere, verschmolzene Theil wird Aorta descendens. Der Truncus arteriosus entlässt in einem wei-

teren Stadium jederseits 4 andere Aortenbögen, die in die Visceralbögen verlaufen und aus diesen zurückkehrend, wieder zusammentreten, indem sie in die Aortenwurzel einbiegen.

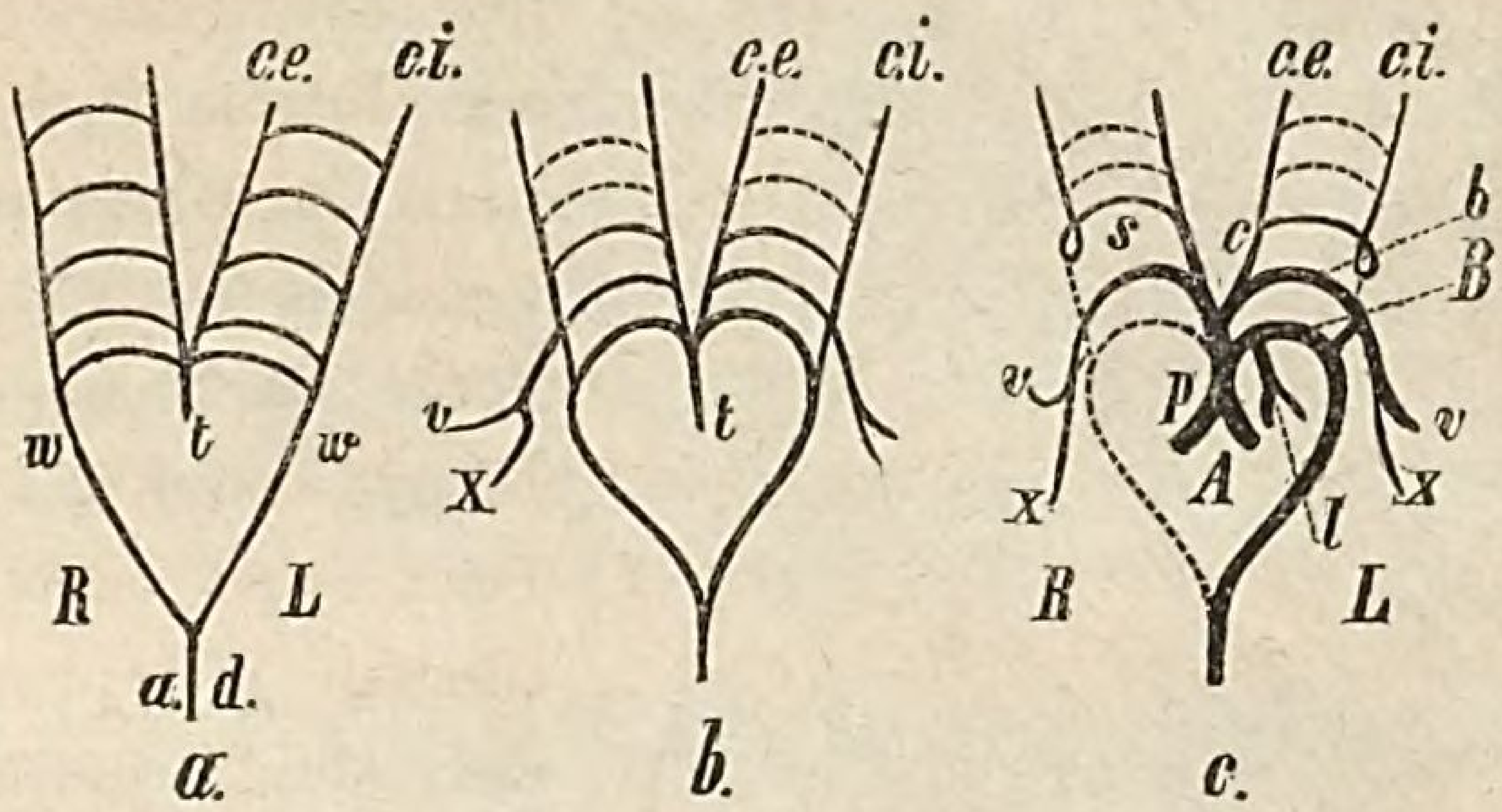


Fig. 185.

Fig. 185. **a.** Die 5 Aortenbogen. Fig. 185. **b.** Die 3 bleibenden Bogenpaare. Fig. 185. **c.** Erste Anlage der bleibenden Arterien. Die der Rückbildung verfallenden Stücke sind punktirt. *t* Truncus arteriosus; in Fig. **c.** hat sich dieser getrennt in Aorta (*A*) und Art. pulmonalis (*p*). *w*. *w*. Aortenwurzeln. *c* Carotis communis. *c*. *e*. Carotis externa. *c*. *i*. Carotis interna. *b* links: bleibender Arcus aortae; rechts: Art. anonyma und Anfang der A. subclavia dextra (*s*). *v* Art. vertebralis. *x* A. axillaris. *l* Art. pulmonalis mit zwei Zweigchen. *B* späterer Ductus Botalli.

Da bei den Warmblütern keine Kiemen sich entwickeln, so verschwindet bald ein Theil der Aortenbögen; desshalb sind die 5 Aortenbogenpaare niemals zugleich vorhanden; zuletzt bleiben beim Menschen nur 3 wirkliche Bögen (Fig. 185, b) übrig, aus denen sich bleibende Arterien des Embryo entwickeln; jedoch dient ein Theil der 2 vorderen Bögen zur Anlage der Carotis interna und der, anfangs nach innen liegenden, Carotis externa. Von den 3 bleibenden Bögen wird der vorderste: Carotis interna, der mittlere Bogen wird links bleibender Arcus aortae, rechts A. anonyma und Anfang der A. subclavia. Der dritte bleibende Bogen obliterirt rechts; links gibt er die mit zunehmendem Wachsthum der Lungen immer grösser werdende Lungenarterie ab, die sich in einen rechten und linken Zweig spaltet. Nach der in 678 geschilderten Trennung des Truncus arteriosus in Aorta und Art. pulmonalis gehört der dritte bleibende Bogen der rechten Herzkammer an, während die übrigen Bögen von der linken Herzkammer gespeist werden. Das Bogenstück zwischen dem Ursprung der Art. pulmonalis und der linken Aortenwurzel wird später Ductus arteriosus Botalli. Die rechte Aortenwurzel schwindet, die linke stellt den Anfang der Aorta descendens dar.

680. Arterien der Nabelblase und des Nabelstranges.

Da der erste Kreislauf ein vorzugsweis extraembryonaler ist, so gehören die ersten Gefässe dem Fruchthof, resp. der Dotterblase (Nabelblase) an (S. 675).

Das frühzeitige Zurücktreten der Nabelblase und die stärkere Entwickelung der Allantois (spätere Placenta) bedingt aber in den betreffenden Blutbahnen bedeutungsvolle Veränderungen. Die Art. omphalo-mesaraica (es ist nur noch eine vorhanden, s. 675) gibt ausser ihren Nabelblasenzweigen auch ein Aestchen in den mittlerweil entstandenen Darm ab: die Art. mesaraica. Letztere gewinnt, mit stärkerer Entwickelung des Darmes, die Oberhand; die Nabelblasenarterie ist jetzt nur ein Zweig der A. mesaraica und geht bald zu Grunde. — Die aus dem Embryonalkörper hinauswachsende Allantois ist Trägerin zweier, immer mehr sich entwickelnder, Arterien: der Arteriae umbilicales, anfangs die Hauptzweige des unteren Endes der Aorta, später Aeste der Arteria hypogastrica jederseits.

Die Arteriae umbilicales veröden nach der Geburt und stellen die, an der vorderen Bauchwand zu beiden Seiten des Urachus (689) aufsteigenden Ligamenta vesicalia lateralia dar.

681. Nabelblasenvene, Nabelvene und Pfortader.

Die Metamorphosen dieses Venenbezirkes, über deren Deutung jedoch noch wesentliche Widersprüche bestehen, zerfallen in 3 Hauptabschnitte: I gehört dem ersten, II dem zweiten fötalen, III dem definitiven Kreislauf nach der Geburt an.

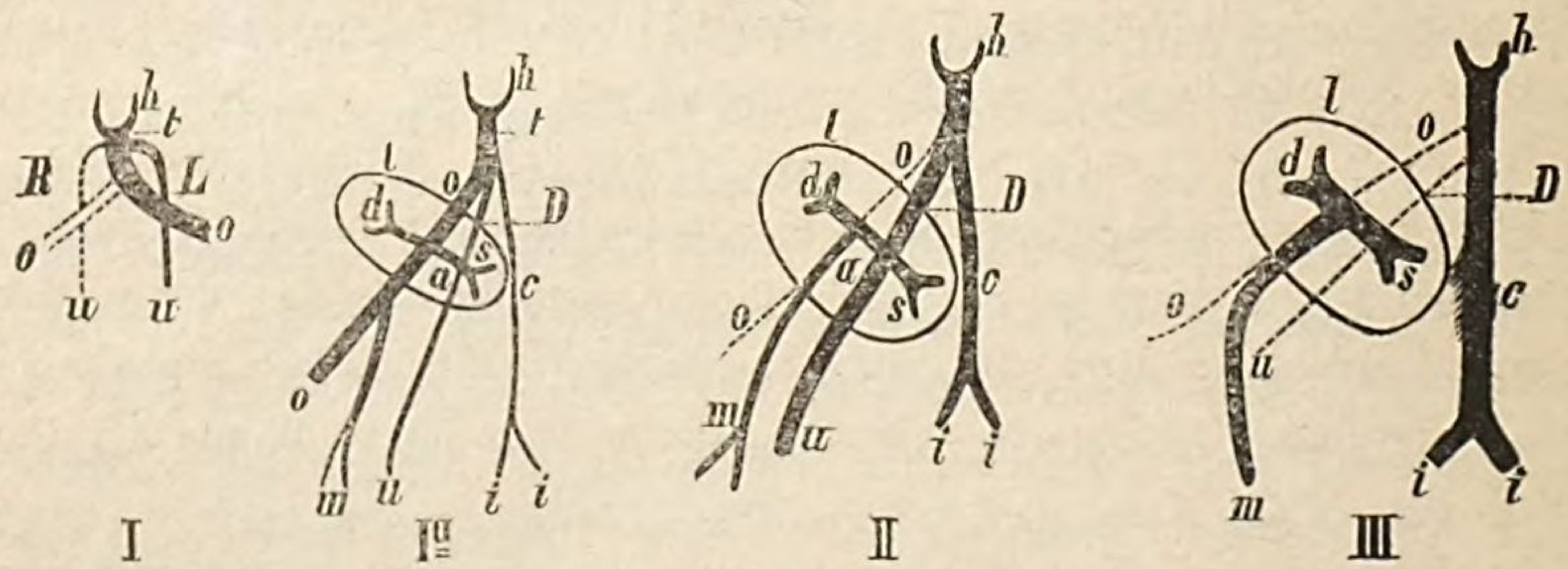


Fig. 186.

Fig. 186 I und I. a. Nabelblasenvenencirculation, II Nabelvenencirculation, III Definitive (Pfortader-) Circulation. Alle drei stellen dasselbe Grundschema dar; nur die Wichtigkeit der einzelnen Blutbahnen ändert sich. Die verschwindenden Venen sind punktirt. Die das Blut aus dem Leberparenchym zurückführenden Venen sind in der Zeichnung weggelassen. *R* rechts. *L* links. *t* Ductus venosus communis, zuerst Ende der Venae omphalo-mesaraicae; dann Ende der V. umbilicalis, schliesslich der Cava inferior (resp. der Cavae). *h* Herz. *o* Venae omphalo-mesaraicae, in II und III mit Ausnahme einer kurzen Strecke obliterirt. *n.* V. umbilicalis. *l* Leber. *c* V. cava inferior (*i.* iliaca communis). *m.* V. mesaraica. *a* Anastomose in der Leber zwischen V. omphalo-mesaraica und umbilicalis. *s.* Leberast der Umbilicalis, in III linker Pfortaderast. *D* Aranzi'scher Gang (I. a Anlage, II in Ausbildung, III obliterirt). *d.* Leberast (abgeschickt in I von der omphalo-mesaraica, in II vorzugsweis von der umbilicalis, in III ausschliesslich von der Pfortader als rechter Ast der Pfortader).

I) Zeitraum der Nabelblasenvene (Fig. 186. I und I. a.). Das Nabelblasenblut fliesst zurück durch die Venae omphalo-mesaraicae, welche,

durch einen kurzen Ductus venosus communis (*t*), der jetzt als das Ende der Venae omphalo-mesaraicae zu gelten hat, in das Herz münden. Die rechte V. omphalo-mesaraica schwindet bald. Das Allantoisblut wird durch 2, in der Wand der anfangs noch weit offenen Rumpfhöhle nach vorn verlaufenden, Venen (Venae umbilicales *u*) zurückgeführt, die in den Ductus venosus communis münden. Die rechte V. umbilicalis schwindet jedoch bald. In den Ductus venosus communis senkt sich auch die V. cava inferior (682) ein, die einen Theil des Blutes aus dem unteren Embryonalkörper zurückführt (*c*). Durch das Zurücktreten der V. omphalo-mesaraica wird aber sehr bald (Fig. 186. II) die V. umbilicalis Hauptbahn und die Omphalo-mesaraica ein Zweig der Umbilicalis. Der Ductus venosus communis stellt jetzt das Ende der Vena umbilicalis dar.

Das aus der Nabelblase und Allantois abfliessende Blut hat zwei Wege 1) direkt in das Herz durch die Vena omphalo-mesaraica und 2) durch die sehr frühe entstehende Leber, welche die Venae omphalo-mesaraica und umbilicalis umwächst und von beiden Gefässen (arteriöse) Zweige empfängt. Dieses Blut ergiesst sich aus der Leber durch die, in den Figuren weggelassenen, Venae hepaticae in das Ende des Stammes der Umbilicalis. Ausserdem ist 3) in der Leber schon frühzeitig eine wichtige Anastomose zwischen Omphalo-mesaraica und Umbilicalis vorhanden.

II) Zeitraum der Nabelvene. Das Stück der V. omphalo-mesaraica, das oberhalb (d. h. dem Herzen zu) des Abganges ihrer Leberäste liegt, verschwindet vollständig. Mit der Entwickelung des Darmes entstand aber auch eine Vena mesaraica, anfangs ein kleiner Zweig der Omphalo-mesaraica. In Folge des Zurücktretens der Nabelblase und des Wachsthums des Darmes wird die Mesaraica zum Stamm, die Omphalo-mesaraica zum Zweig, der bald verschwindet. Nunmehr sind auch die Leberzweige der früheren Omphalo-mesaraica Zweige der V. mesaraica geworden, deren Ende jetzt »Stamm der Pfortader« heisst.

Das Blut der Nabelvene hat, nach Obigem, von Anfang an zwei Wege: 1) der kleinere Theil fliesst direkt in den Ductus venosus communis, durch den Ductus venosus Arantii, der nichts anderes darstellt, als das Ende der Umbilicalvene; 2) der grössere Theil fliesst in die Leber und durch die Lebervenen in die V. cava inferior. Das in die Leber strömende Nabelvenenblut fliesst a) durch die ursprünglichen (in den linken Theil des Organes sich einsenkenden) Leberäste der Umbilicalis und b) durch die von Anfang an bestehende Anastomose der Umbilicalis mit der Omphalo-mesaraica resp. Pfortader (den rechten Leberast der Umbilicalis in die rechte Hälfte jenes Organes). Die Nabelvene ist während des ganzen Fötallebens das Hauptgefäss und die Pfortader deren Ast, doch so, dass letztere sich allmälig mehr entwickelt.

III) Zeitraum der Pfortaderbahn. Nach der Geburt schliesst

sich der Aranzi'sche Gang, sowie die Nabelvene bis zur Leberpforte; die Leberäste der Nabelvene werden nunmehr Aeste der Pfortader.

682. Venen des Embryonalkörpers.

Die ersten Venen des Embryo sind die Cardinalvenen. Rathke unterscheidet zwei vordere und zwei hintere, welche letzteren das Blut aus den unteren Körpertheilen und vor Allem aus den um diese Zeit mächtigen Vornieren (690) zurückführen. Jederseits verbindet sich die vordere und hintere Cardinalvene zu einem gemeinsamen Stamm, dem Ductus Cuvieri. Beide Cuvier'sche Gänge münden in das Herz durch den kurzen Ductus venosus communis, der (s. 681) in der ersten Zeit das Ende der Vena omphalo-mesaraica,

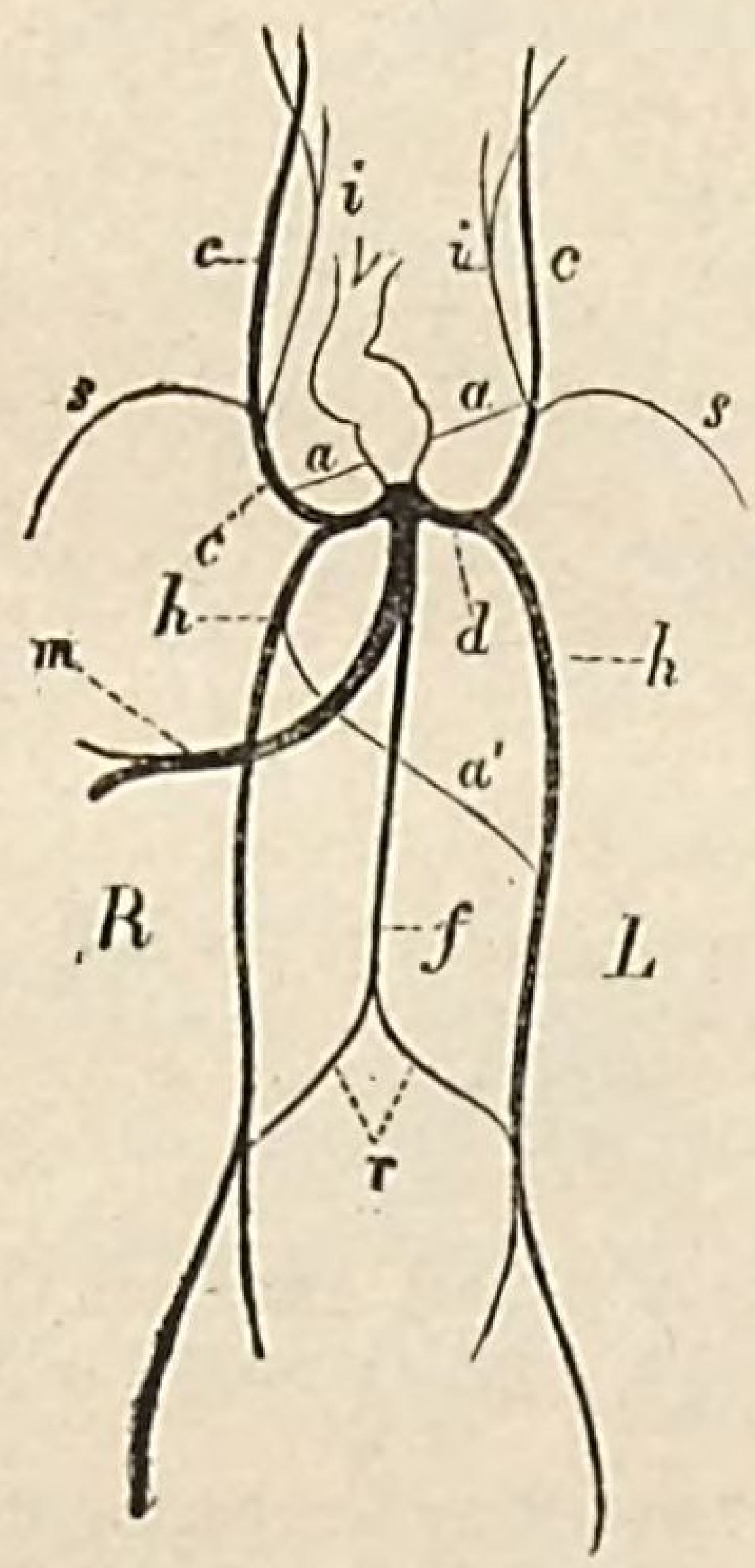


Fig. 187.

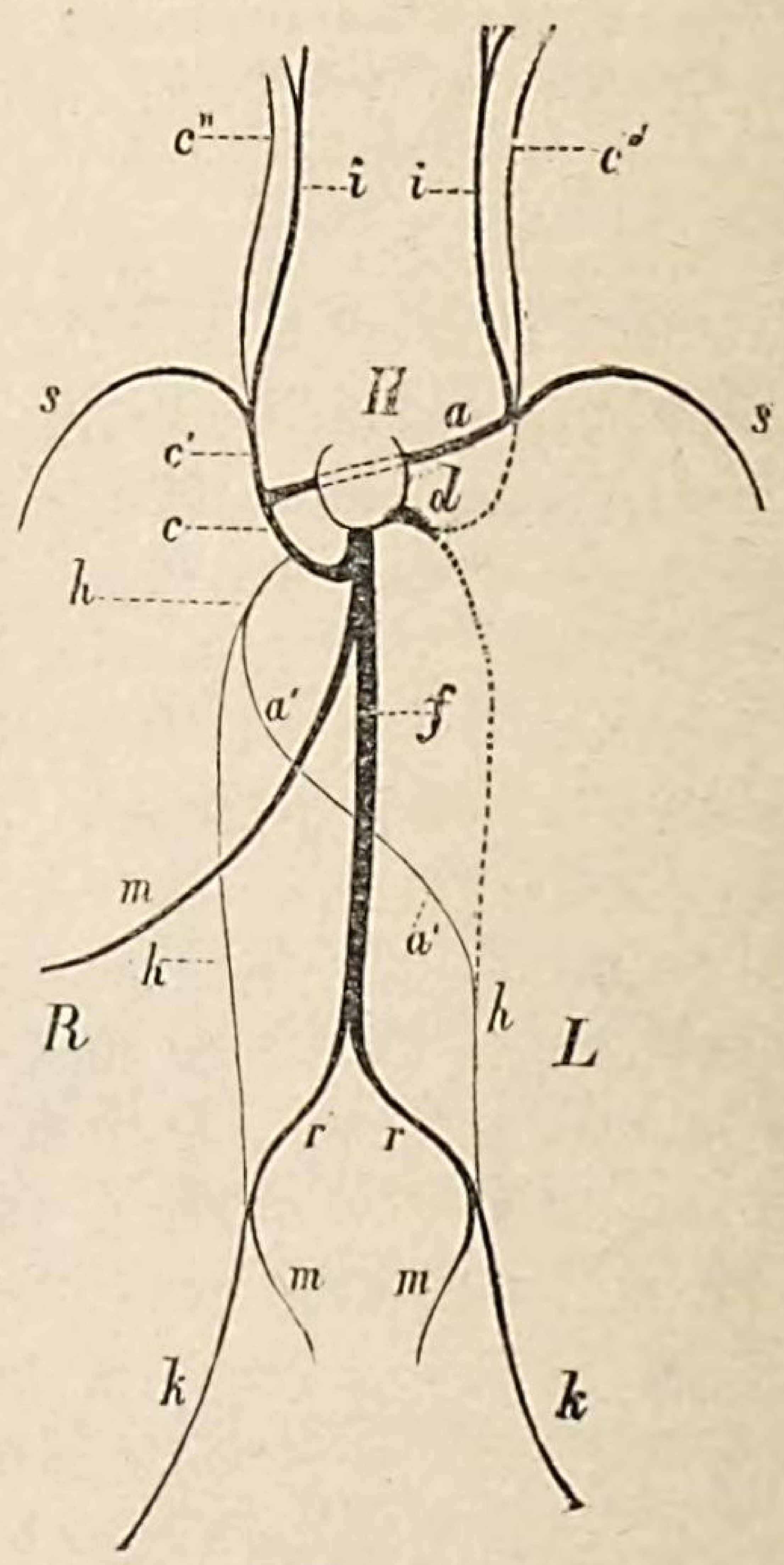


Fig. 188.

R rechte, *L* linke Seite. Fig. 187. *m* Vena omphalo-mesariaca, resp. umbilicalis. *f* Cava inferior. *d* Ductus Cuvieri. — *c* Vordere Cardinalvenen. *s* Subclavia. *i* Jugularis interna. — *h* hintere Cardinalvenen, *a a* und *a'* Anastomosen je zwischen den vorderen und den hinteren Cardinalvenen. *r* Anastomose zwischen Cava inf. und hinteren Cardinalvenen.

Fig. 188 stellt die Weiterentwicklung des Venensystemes dar; die geschwundenen Theile sind punktirt. Das Hinterende *H* des Herzens empfängt 3 Venenstämme, 1) *d* Cava superior sinistra, die bald obliterirt mit Ausnahme ihres Herzendes (Ende der V. coronaria cordis). 2) *c* Cava sup. dextra. 3) *f* Cava inferior. *c'* Vena anonyma dextra, *c''* Jugularis externa, *i* jugularis interna, *s* subclavia. *a* Vena anonyma sinistra, ihr Verlauf hinter dem Herzen ist punktirt angegeben. *m* die frühere Vena omphalo-mesenterica, reducirt zur Mesenterica, soll (das Nähere s. Fig. 188) die venöse Leber- und Allantois- (Placenten-) Bahn repräsentiren. *h* (rechts) V. azygos. *a' a'* Ende der hemiazygos, *r r* Vena iliaca communis, *m* iliaca interna (hypogastrica), *k* iliaca externa (cruralis).

später der Umbilicalvene darstellt. Der Ductus venosus communis, durch den die Ductus Cuvieri und die Cava inferior (und Umbilicalis) in das Herz münden, wird sodann in den Vorhof hereingezogen, sodass 3 Venenstämme in letzteren münden: die 2 Cuvier'schen Gänge, welche (s. unten) Venae cavae superior und Endstück der Vena coronaria werden und die Cava inferior.

Die Cava inferior liegt zwischen beiden, anfangs viel stärkeren, hinteren Cardinalvenen. Das untere Ende der Cava anastomosirt bald jederseits mit den Cardinalvenen; diese Anastomosen — die späteren Venae iliacae communes — werden immer stärker, sodass zuletzt das Blut der unteren Extremitäten nur in die Cava fliesst. Die hinteren Cardinalvenen bleiben im Wachsthum zurück; die rechte wird Vena azygos, die linke Vena hemiazygos.

Die vorderen Cardinalvenen (später Jugulares externae) nehmen die, anfangs viel kleineren, V. v. jugulares internae und subclaviae auf. Eine quere Anastomose (*a a* der Figuren) besteht schon im 2. Monat zwischen beiden vorderen Cardinalvenen; auch die hinteren Cardinalvenen sind durch eine solche (*a'*) unter sich verbunden. Dadurch wird das Blut von den linken in die gleichnamigen rechten Cardinalvenen abgeleitet. Die centralen Enden beider linken Cardinalvenen obliteriren und zwar bis zum Abgang der eben erwähnten Anastomosen. Der rechte Cuvier'sche Gang ist unterdessen Cava superior geworden. Die Anastomose der vorderen Cardinalvenen wird Vena anonyma sinistra. Die vordere rechte Cardinalvene wird an einer Strecke Vena anonyma dextra, in ihrem weiteren peripheren Verlauf jugularis externa, die an Grösse von der jugularis interna und subclavia bedeutend überholt wird. Der linke Cuvier'sche Gang (nunmehr Cava superior sinistra) obliterirt, zugleich mit der Rückbildung der beiden linken Cardinalvenen; nur das Herzende der linken Cava superior bleibt, nach J. Marshall, bestehen als Ende der Vena coronaria magna cordis (3. Monat). Die Anastomose beider hinteren Cardinalvenen wird zum (centralen) Ende der Vena hemiazygos, also ein Zweig der Vena azygos, welche letztere sich in die (bleibende) Cava superior einsenkt. Die Verbindung mit dem Stromgebiet der Cava inf. besteht übrigens fort durch die, gewöhnlich als V. lumbalis ascendens bezeichneten, Bruchstücke der Venae azygos und hemiazygos, welche mit den Lumbalvenen anastomosiren.

683. Physiologische Bemerkungen über die Gefässentwickelung.

Das Herz besteht anfangs nur aus embryonalen Zellen und enthält weder Muskelfasern noch Nerven; gleichwohl zeigt es lebhafte Contractionen. Die Blutgefässe entstehen nicht etwa durch Hereinwachsen von Gefässen schon angelegter Embryonaltheile, sondern an allen Stellen unmittelbar durch Lückenbildung in den Geweben. Auch die Haargefässe entstehen in ähnlicher Weise und nicht, wie man früher meinte, durch Verschmelzung von Zellen, deren Höhlungen sich in einander öffnen. Die ersten Blutkörperchen unterscheiden

sich nicht von den embryonalen Bildungszellen überhaupt; sie sind gross, kugelig, kernhaltig (die Kerne verschwinden erst in einer späteren Periode); in der Folge werden sie gefärbt. In der ersten Zeit vermehren sich die Blutkörperchen namentlich auch durch Theilung; die Blutkörperchenbildung im späteren Embryonalleben dagegen ist so wenig gekannt, wie im Erwachsenen. Die rechte Vorkammer ist anfangs geräumiger als die linke, und erst später werden beide gleich; sowie auch die Wandung der linken Kammer im älteren Fötus viel dicker wird als die der rechten Kammer. Die Spannungen des Blutes in den Arterienbahnen beider Kammern dürften anfangs keine wesentlichen Unterschiede bieten; an den Communicationen beider Gefässsysteme, z. B. an der Einsenkung des Ductus Botalli in die Aorta descendens müssen sie nothwendig gleich sein. Der Strom in die oberen Körpertheile ist anfangs relativ viel begünstigter als später. Die Placentenbahn, eine Abzweigung der A. a. hypogastricae und der V. cava inferior, ist weitaus die längste; die Länge der Nabelschnur beträgt 18—20 Zolle am Ende der Fötalperiode. Trotzdem fliessen grosse Blutmassen in die Placenta, offenbar wegen der, hier besonders günstig gestellten Capillarströmung. Das Venensystem, noch im Erwachsenen an Räumlichkeit und vorhandenem Blutvorrath bevorzugt gegenüber den Arterien, präponderirt im Fötus viel mehr, namentlich in den ersten Perioden. Starkes Vorwiegen des Venensystems deutet auf grössere Kreislaufszeiten; die letzteren würden also abnehmen mit zunehmendem Alter des Fötus. Gegen Ende des Fötallebens vollführt das Herz, wie die Auscultation des Uterus Schwangerer zeigt, 140 Schläge in der Minute; die Kreislaufszeit ist dann ohne Zweifel sehr klein.

684. Urdarm.

Die erste rinnenförmige Anlage und die nächstfolgenden, von C. F. Wolff, Bär, Bischoff und Remak untersuchten Metamorphosen des primitiven Darmrohres wurden in 656 geschildert. Dieser »Urdarm« stellt sehr bald ein vorn und hinten geschlossenes Rohr dar, welches in der Mitte durch den, anfangs verhältnissmässig weiten, Nabelblasengang in die Nabelblase übergeht und dadurch in eine vordere und hintere Abtheilung, den Munddarm und Afterdarm geschieden wird. Im vordersten Theil des Munddarmes entsteht sehr früh ein Durchbruch, welchem zugleich eine Einstülpung von aussen her entgegenkommt: die allgemeine Mundspalte (666); ausserdem bilden sich seitliche, bald sich schliessende Durchbrüche: die Visceralspalten (669). Der Durchbruch am Ende, nämlich die Bildung des Afters (resp. die gemeinschaftliche Mündung des Darmes und des Uro-Genitalsystems), wobei wiederum von aussen her eine Grube entgegentritt, erfolgt erst in der 6. bis 7. Woche.

Das anfangs gerade und in seinem ganzen Verlauf ungefähr gleichweite primitive Darmrohr erhält zunächst an der Mündung des Ductus omphalo-

mesentericus eine Knickung, die aus der noch offenen Bauchspalte theilweis hervortritt. In der 5. Woche beginnt die Scheidung in 4 Abschnitte von ungleicher Weite: allgemeine Mundhöhle, Speiseröhre, Magen und Darm.

685. Weiterentwickelung des Nahrungsschlauches.

Die allgemeine Mundhöhle sondert sich später in die definitive Mund-, Nasen- und Rachenhöhle (668); die Zungenbildung beginnt, von den 3 oberen Kiemenbogen aus, schon in der 5. Woche (669).

Am Kieferrand wuchert sehr frühe das dicke Epitel nach innen, als sog. Schmelzkeim und an bestimmten Stellen desselben entstehen durch Verdickung und reichliches Zellenwachsthum die Schmelzorgane für die einzelnen Zähne (Huxley, Kölliker). In jedes dieser epitelialen Schmelzorgane wächst von der Schleimhaut aus eine Papille hinein, welche die Form des späteren Zahnes annimmt und über welche das Schmelzorgan kappenförmig sich ausdehnt. Um diese Gebilde entsteht sodann durch Verdickung des Schleimhautgewebes ein Säckchen, durch welches der Zusammenhang des Schmelzorganes mit dem Schleimhautepitel aufgehoben wird. Das Schmelzorgan bildet den Zahnschmelz, die Papille das Zahnbein, die innerste Lage des Zahnsäckchens, indem sie verknöchert, das Cement. Jeder Kiefer enthält 10 solche Zahnsäckchen für die Milchzähne. Auf dieselbe Weise, durch Fortsätze von Schmelzkeim aus und Papillenbildung entstehen nach Kölliker die Anlagen der späteren bleibenden Zähne.

Die sog. Glandulae tartaricae der Schleimhaut sind Reste des nicht zur Bildung der Zähne verwandten Schmelzkeimes.

Die Speiseröhre erleidet keine wesentlichen Aenderungen. Die grosse Curvatur des anfangs senkrechten Magens ist nach links gerichtet; im 3. Monat dagegen, wenn der Magen sich quer legt, nach abwärts.

Das primitive Darmrohr verläuft anfangs, als gerader Schlauch, längs der Wirbelsäule. In der 4. Woche entfernt sich der mit dem Nabelblasengang communicirende Theil des Urdarmes von der Wirbelsäule; dadurch erhält der Darm die erwähnte knieförmige Knickung, in deren aus der Nabelöffnung hervorragende Spitze der bald obliterirende Ductus omphalo-mesaraicus sich einsenkt. Der Darmschenkel oberhalb jener Einsenkungsstelle wird Dünndarm, der untere Schenkel dagegen im Allgemeinen Dickdarm. Nur das Anfangsstück dieses unteren Schenkels gehört noch dem Ende des Dünndarmes an; die Grenze zwischen Dünn- und Dickdarm wird bald angedeutet durch eine kleine Ausstülpung, den Blinddarm.

Der Nabelblasengang mündet an einer, dem unteren Theil des späteren Ileum's entsprechenden Stelle in den Darm. Diese Darmstelle reisst sich sodann von der Bauchwand los; noch im 3. Monat ist ein fadenförmiger Rest des längst obliterirten Nabelblasenganges etwas oberhalb des Blinddarmes sichtbar.

Sehr bald drehen sich jene beiden Darmschenkel und bilden eine Schlinge (Fig. 190); der bisher untere wird der obere, als Anfang jenes bemerkenswerthen Processes, durch welchen das Colon über den Dünndarm kommt. Im Dünndarm entstehen zahlreiche Windungen, die sich immer mehr abwärts senken. Der Blinddarm ist anfangs der Nabelöffnung nahe, und der Dickdarm verläuft in der Medianebene gerade nach rückwärts gegen die Wirbelsäule, um hier (es ist die Stelle der späteren Flexura sigmoidea coli) in ein, längs der

Wirbelsäule abwärts sich erstreckendes Endstück, den Mastdarm überzugehen. Letzterer behält seine ursprüngliche Richtung und seine Lage in der Medianebene des Körpers ungefähr bei, dagegen macht der Dickdarm in Folge seines Längenwachsthums Wanderungen. Er verlässt nämlich zuerst seine ursprüngliche Richtung; er tritt aus der Medianebene des Abdomens heraus, richtet sich zugleich auf und legt sich mit seinem untern Theil (c'' Fig. 191) an die linke Hinterwand des Abdomens an (wodurch die Flexur *f* stärker wird). Mit seinem oberen Theil legt er sich quer, wodurch die Unterscheidung eines Colon descendens und transversum gegeben ist. Der Blinddarm ist jetzt rechts und oben (Fig. 191 b).

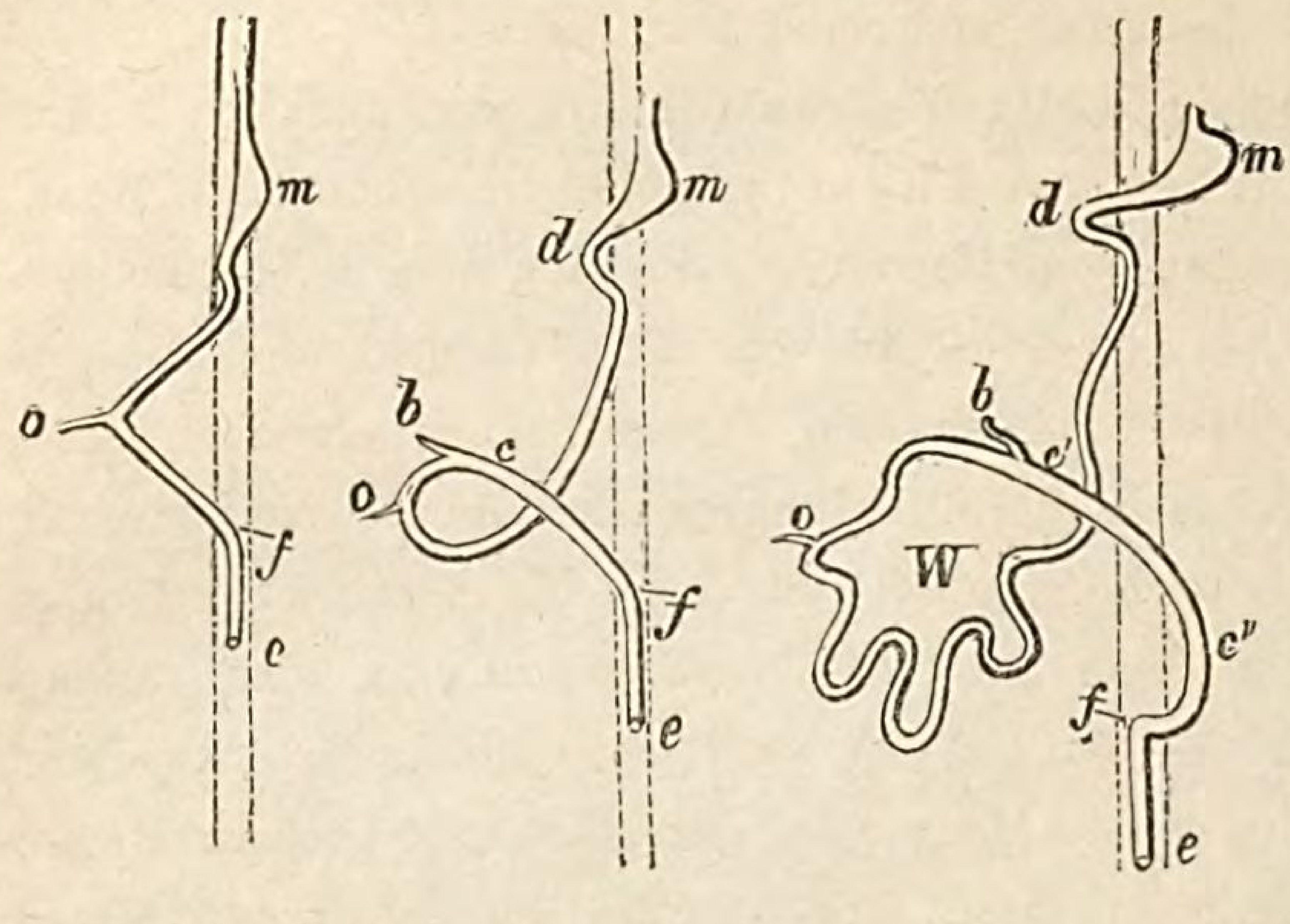


Fig. 189. Fig. 190. Fig. 191.

Darmrohr von vorn gesehen. In den Fig. 189 und 190 sind die beiden Darmschenkel, welche eigentlich in der Medianebene des Abdomens liegen (also senkrecht zur Papierfläche gedacht werden müssen), nach rechts umgelegt. *m* Magen, in seinen successiven Stellungen und Hauptformen. Durch Aufrichten des Pylorustheiles bei der Querlegung des Magens entstehen die Duodenumknickungen (*d*). *o* Ductus omphalo-mesaraicus (in Fig. 190 und 191 ein von der Bauchwand abgerissenes Rudiment). *W* Dünndarmwindungen, *b* Blinddarm, *c* Colon (*c''* Colon descendens, *c'* Colon transversum; das C. ascendens ist noch nicht gebildet), *f* Flexura sigmoidea, *e* Endstück (Mastdarm).

Beim Weiterwachsen zieht, so zu sagen, der untere Theil des Dünndarmes den Anfang des Colon transversum nach abwärts; dadurch entsteht das Colon ascendens und der Blinddarm kommt schliesslich in seine bleibende Stelle in der rechten Hüftgegend.

686. Ausstülpung des Darmrohres.

Durch Anschwellungen und Ausstülpungen entstehen an bestimmten Stellen Anhängsel des Darmrohres, namentlich die Drüsen und sonstigen Nebentheile des Nahrungsschlauches und der Athmungsapparat, nach Einigen auch die Allantois und (?) selbst die Harnleiter sammt Nieren.

Die Speicheldrüsen bilden sich frühe, anfangs als solide, immer zahlreichere Sprossen bildende Wucherungen, die erst später Lichtungen erhalten. In derselben Weise erfolgt die Entwickelung des Pankreas.

Der Athmungsapparat tritt nach Bär zunächst in Form zweier kleiner, hohler Ausstülpungen aus der Vorderwand des Munddarmes hervor, die wir primitive Bronchien nennen können und die immer zahlreichere Ausläufer, die Bronchialverästelungen treiben. Die Luftröhre entsteht, indem die anfangs

gesondert in den Oesophagus mündenden, Bronchien ein Stück von dessen Wand mit sich herausziehen. Die Lungen sind, wie auch der Nahrungsschlauch im Fötalleben in einer bloss bildenden Thätigkeit begriffen; die specifischen Funktionen beider Apparate beginnen erst nach der Geburt.

Die Entwickelung der sog. Blutgefässdrüsen kann nur flüchtig berührt werden. Auch die Schilddrüse und Thymus entstehen, schon im 2. Monat, nach Remak als Ausstülpungen vom Darmrohr, die sich aber bald von demselben abschnüren. Die Schilddrüse geht von der Mittellinie der vorderen Schlundwand aus, auf der Höhe des zweiten Visceralbogens als eine relativ grosse Blase, die sich zunächst in 2 Abtheilungen einschnürt. Weiter unten bildet sich die Thymus als anfangs solider Strang. Die übrigen Blutgefässdrüsen entstehen nicht vom Darm aus. Die Nebennieren sind anfangs grösser als die Nieren, von welchen sie sich übrigens unabhängig entwickeln. Die Milz entsteht am Ende des 2. Monats in der Nähe der grossen Magencurvatur. Die fötalen Funktionen dieser Organe sind so unbekannt als im Erwachsenen.

687. Leber.

Dieselbe entsteht sehr frühe und zwar in Form zweier hohler zapfenförmiger Auswüchse der Wand des Vorderarmes: als primitive Lebergänge (3. Woche). Diese sind nach Remak Auswüchse des Darm-Epitels, die von den äusseren Schichten des Darmes überzogen werden. Die Epitelschicht der primitiven Lebergänge sendet zahlreiche solide cylindrische Aeste aus, welche unter einander netzförmig sich verbinden und später sich verdicken zu soliden, homogenen, aus Zellen bestehenden Massen, den Leberläppchen, worauf die zur Bildung der Gallengänge führende Canalisation nachfolgt. Die bleibenden Leberzellen wären demnach Abkömmlinge der Epitelzellen der Lebergänge. Das Organ ist am Ende des 2. Monats verhältnissmässig sehr gross. Die Leberabsonderung beginnt schon im 3. Monat; in den letzten Monaten hält die Gallenblase wirkliche Galle. Ueber die Menge des Secretes und dessen Schicksale ist nichts bekannt. Etwa vom 5. Monat an enthält der obere Darmcanal einen hellgelben Schleim, in welchem Gallenbestandtheile (Farbstoff und Spuren harziger Gallensäuren) nachgewiesen sind. In den letzten Monaten sind Dickdarm und Mastdarm gefüllt mit einer dunkelbraunen, klebrigen, meist geruchlosen und schwach sauer reagirenden Masse, dem Kindspech (Meconium). Letzteres ist ein Gemisch verschiedener Secrete und zwar 1) der Darmschleimhaut, 2) der Leber, 3) der Vernix caseosa (672), welche demnach sammt Amnionwasser vom Fötus von Zeit zu Zeit verschluckt wird. Von Gallenbestandtheilen lassen sich Farbstoff, Cholesterin und geringe Antheile Gallensäuren nachweisen. Nach Förster enthält das Meconium auch Epidermisplättchen, Härchen und Fettkugeln des Hauttalges. Der Darmcanal des Fötus enthält keine Gase.

688. Bauchfell, Gekröse und Netze.

Bei der Spaltung der Visceralplatten in den Darm einerseits und die bleibende Leibeswand andererseits wird die, die definitive Leibeshöhle zunächst begrenzende, in Fig. 192 punktirt angegebene, Schicht des Darmrohres (*d*) und der Leibeswand (*l*) zum Bauchfell. Hat sich der Darm zum Rohr geschlossen, so wird er durch eine Duplicatur (*m*): das primitive Mesenterium (Urgekrös) längs der Wirbelsäule (*w*) befestigt. Das Bauchfell ist anfangs ein ziemlich einfacher Sack, in dessen Hinterwand, und zwar in der Medianlinie, der Urdarm eingestülpt ist. Das Urgekrös hat einen geraden Verlauf und theilt die Leibeshöhle in zwei gleiche Hälften; es erleidet je nach dem Wachsthum und den Lageänderungen der einzelnen Theile des Darmes verschiedene Metamorphosen. Der Theil des Darmrohres, welcher sich von der Wirbelsäule, unter gleichzeitigem starkem Längswachsthum und dadurch bedingter Bildung von Windungen, entfernt, zieht sein anfangs kurzes Mesenterium faltenförmig nach (Gekrös des Dünndarmes und des Colon transversum). Legt sich aber ein Darmstück nachträglich wieder an die Bauchwand an (Colon ascendens und descendens), so verstreicht (beim Wachsthum in die Dicke) allmälig seine Gekrösfalte, sodass das Darmstück nur noch theilweis in das Bauchfell eingestülpt ist.

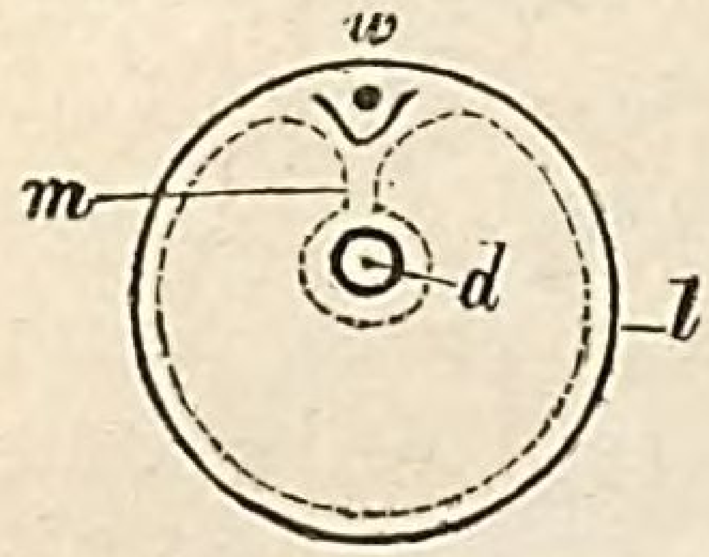


Fig. 192.

Der zum Magen gehende Theil des primitiven Mesenterium's, das Magengekrös (Mesogastrium) liegt, wie der Magen, vertikal und zerfällt somit in eine rechte und linke Platte. Die grosse Curvatur des Magens ist nach links, die kleine nach rechts gekehrt. Das Mesogastrium setzt sich an die grosse Curvatur so an, dass seine linke Platte über die vordere, die rechte über die hintere Fläche des Magens sich fortsetzt. Am oberen Ende der kleinen Curvatur vereinigen sich die Platten wieder zu einer zur Unterfläche der Leber (und zwar gegen die spätere Fossa transversa hepatis) gehenden Duplicatur: dem Ligamentum gastro-hepaticum.

Das Mesogastrium ist also anfangs ein wahres Gekrös, d. h. ein Aufhängeband des Magens; später wird es durch eine Reihe, von Joh. Müller beschriebener Metamorphosen zum grossen Netz. Da das Mesogastrium, um die grosse Curvatur des Magens zu erreichen, sich nach links wendet, so entsteht hinter dem Magen ein Beutel. Der Grund dieses Beutels ist demnach nach links gerichtet und, wie die grosse Magencurvatur, halbmondförmig gekrümmt; der anfangs verhältnissmässig weite Eingang in den Beutel (die Winslow'sche Spalte) liegt rechts und zwar am unteren Theil der kleinen Curvatur des Magens; die Vorderwand des Beutels bildet der Magen, die Hinterwand das Mesogastrium.

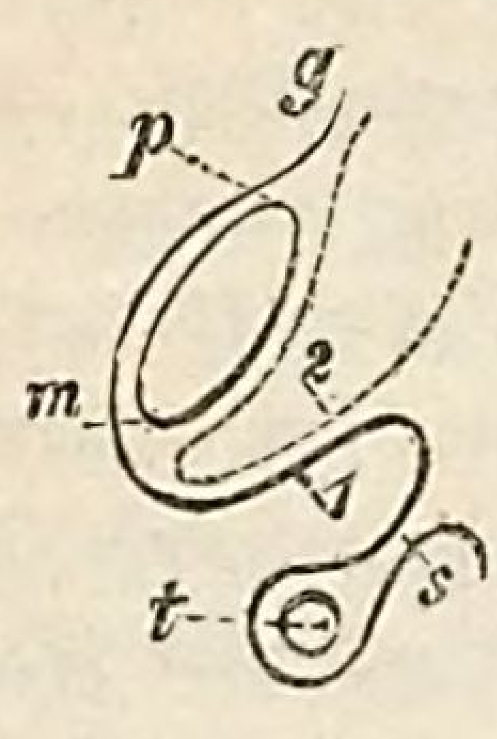


Fig. 193.

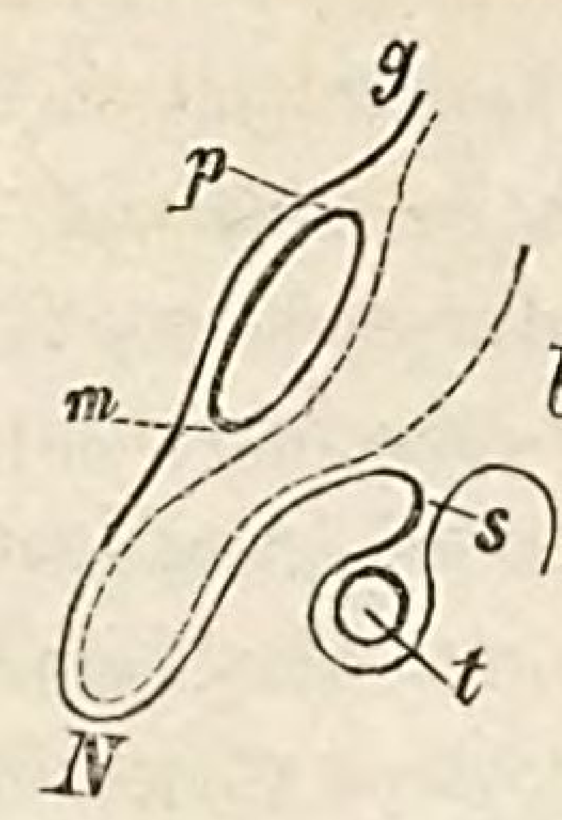


Fig. 194.

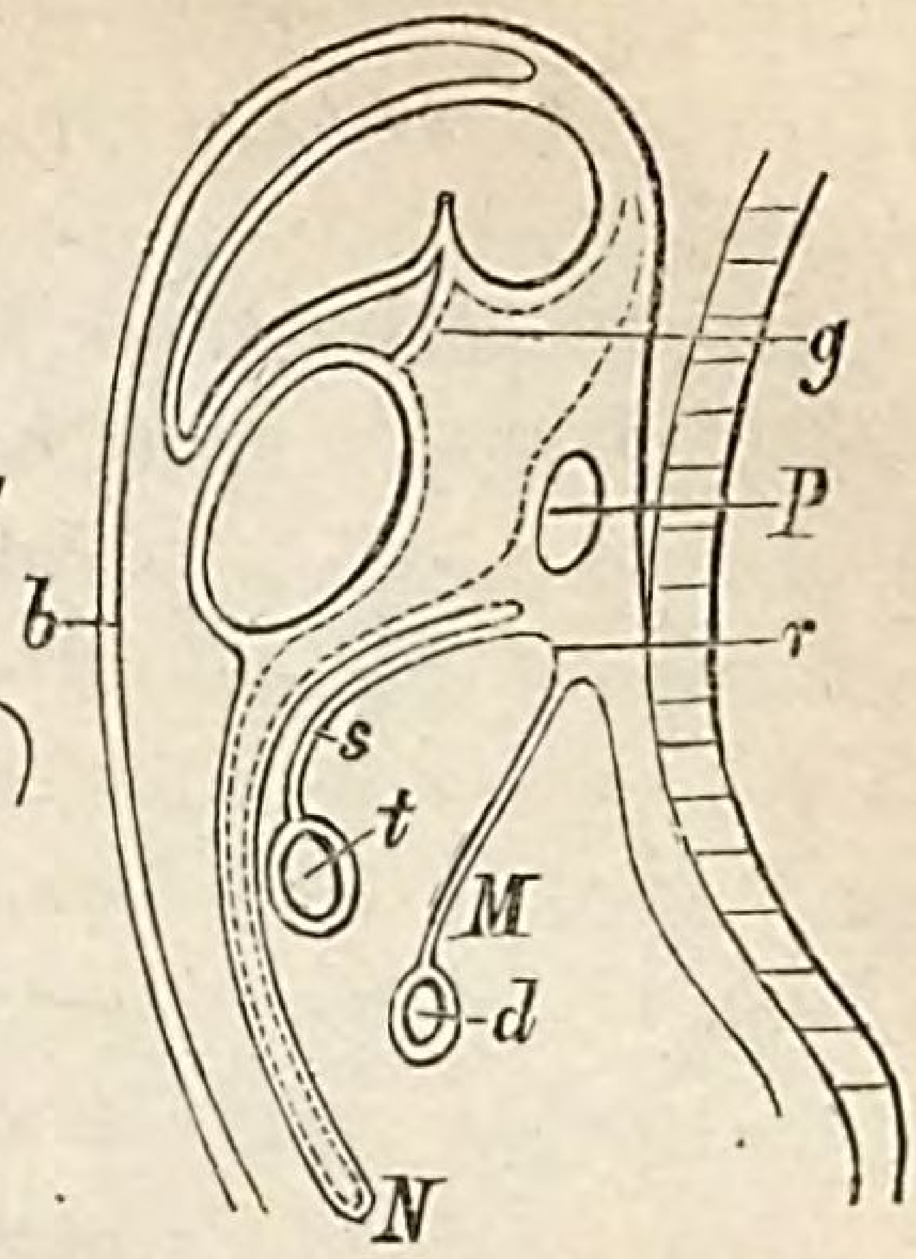


Fig. 195.

S e n k r e c h t e Durchschnitte von vorn nach hinten. Fig. 193 : Mesogastrium nach erfolgter Querdrehung des Magens. Fig. 194 Bildung des grossen Netzes. Fig. 195 Definitiver Zustand. *1* untere, *2* (punktirt gezeichnet) obere Platte des Mesogastrium. *m* grosse, *p* kleine Curvatur des Magens. *g* Ligamentum gastro-hepaticum. *s* Mesocolon transversum. *t* Colon transversum. *d* Dünndarm. *M* dessen Mesenterium (bloss in Fig. 195 angegeben). Die Wurzel des Mesenterium's zieht übrigens vor dem 2. und 3. Lendenwirbel schräg von oben und links nach unten und rechts herab). *N* grosses Netz (4 Platten, an seinem Anfang 6 Platten). *b* Vorderwand des Bauchfelles. *P* Pankreas. (Fig. 193 kann auch zur Erläuterung des der Querlegung des Magens vorangehenden primitiven Zustandes des Mesogastrium's dienen; die grosse Curvatur des Magens *m* und der Grund des Mesogastriumbeutels liegen dann links und die Zeichnung ist als horizontaler Querschnitt aufzufassen).

Nun dreht sich der Magen quer. Indem die grosse Curvatur allmälig zur unteren wird und der Pylorus sich erhebt, verändert auch das Mesogastrium seine Insertion an der hinteren Bauchwand und seine Richtung; es wird ebenfalls quer. Dadurch wird auch der Eingang in den Peritonealbeutel hinter dem Magen immer enger (Foramen Winslowii). Der Mesogastriumbeutel verlängert sich alsdann, von seiner Insertion an die grosse Magencurvatur aus, sackförmig nach abwärts; dadurch entsteht der B e u t e l d e s g r o s s e n N e t z e s, das, wie man sieht, aus 4 Platten zusammengesetzt ist, die später verwachsen. Das C o l o n richtet sich immer mehr bogenförmig, nach aufwärts; dadurch kommen die Insertionen des Mesocolon transversum und des grossen Netzes einander immer näher. Im vierten Monat verwächst endlich der obere Theil der Hinterwand des Netzbeutels mit dem Mesocolon transversum (M e c k e l).

689. Harnwerkzeuge.

Der untere Theil der A l l a n t o i s erweitert sich und wird H a r n b l a s e. Der obere, in der Bauchhöhle zurückbleibende, zwischen Harnblase und Nabel liegende Theil der Allantois: U r a c h u s genannt, bleibt eng, um sich später (als Ligamentum vesicale medium) ganz zu schliessen. Erfolgt ausnahmsweis dieser Verschluss nicht, so bleibt der Urachus während des ganzen Fötallebens bis in den Anfang des Nabelstranges offen.

Die Allantois bildet anfangs mit dem untersten Abschnitt des Darmes eine gemeinsame Höhle, die, bei vielen Wirbelthieren Zeitlebens fortbestehende,

Kloake; bald aber entsteht eine Scheidewand zwischen beiden; das Mittelfleisch, welches den untersten Theil des Darmes von dem, nunmehr Sinus uro-genitalis genannten gemeinschaftlichen Ausführungskanal des Harn- und Genitaliensystemes trennt.

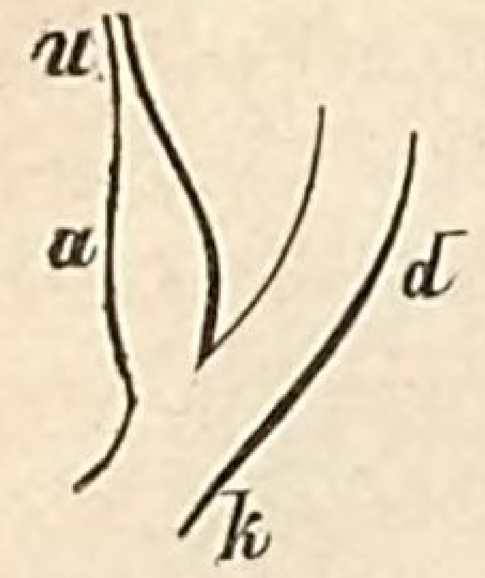


Fig. 196.

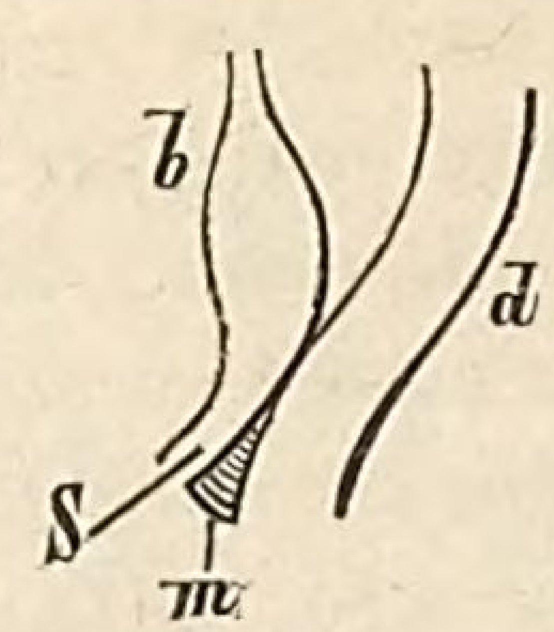


Fig. 197.

k Kloake, *d* Darm, *a* Allantois, *u* Urachus, *S* Sinus urogenitalis, *m* Mittelfleisch.

Aus dem Sinus urogenitalis (resp. aus dem unteren Ende der in den Sinus mündenden Wolff'schen Gänge 690) entsteht nach Remak jederseits eine Ausstülpung: die Anlage der Harnleiter, die sich nach Kupffer später mit einem, beiderseits neben der Wirbelanlage gelegenen Blastem: der Anlage der Niere vereinigt. Die Erweiterung des Harnleiters, das Nierenbecken, treibt sodann kolbenförmige Sprossen in die rasch wachsende Nierenanlage hinein (Nierenkelche). Später beginnt die Anlage der anfangs soliden Harnkanälchen, die nach Remak von den Nierenkelchen aus sprossen, nach Kupffer aber von der Nierenperipherie aus sich bilden.

690. Uranlage der inneren Genitalien.

Die inneren Geschlechtswerkzeuge erleiden unter allen embryonalen Gebilden wohl die grössten Veränderungen während ihrer Entwickelung.

Zu den merkwürdigsten Organen des Embryo gehören die beiden, längs der Wirbelsäule liegenden Wolff'schen Körper. Sie entstehen sehr frühe und sind, da sie vom Herzen bis zum Schwanzende reichen, relativ sehr gross. Jedes dieser Organe besteht aus einem langen, oben blind endenden Gang (Wolff'scher Ausführungsgang), in welchen sehr zahlreiche, mit einem Flimmerepitel ausgekleidete Blinddärmchen ungefähr unter rechten Winkeln einmünden. Diese Blinddärmchen entstehen durch Sprossung vom Wolff'schen Ausführungsgang aus. Die sehr gefässreichen Wandungen sind Anfangs (s. Figur 198) gerade, später schlängeln sie sich; an ihrem der Medianlinie zugewandten Grund zeigen sie eine kleine Erweiterung und, wie Rathke nachwies, Gefässbildungen, analog den Malpighi'schen Gefässknäueln der Nieren. Die beiden Wolff'schen Gänge münden in (die Kloake, später) den Sinus urogenitalis. Das Secret dieser Körper ist Harn (Harnsäure ist nachgewiesen), es sammelt sich an in der Allantois. Bald aber werden diese, auch Vornieren genannten, ersten Excretionsorgane des Embryo von den Nieren überholt; sie verschwinden später

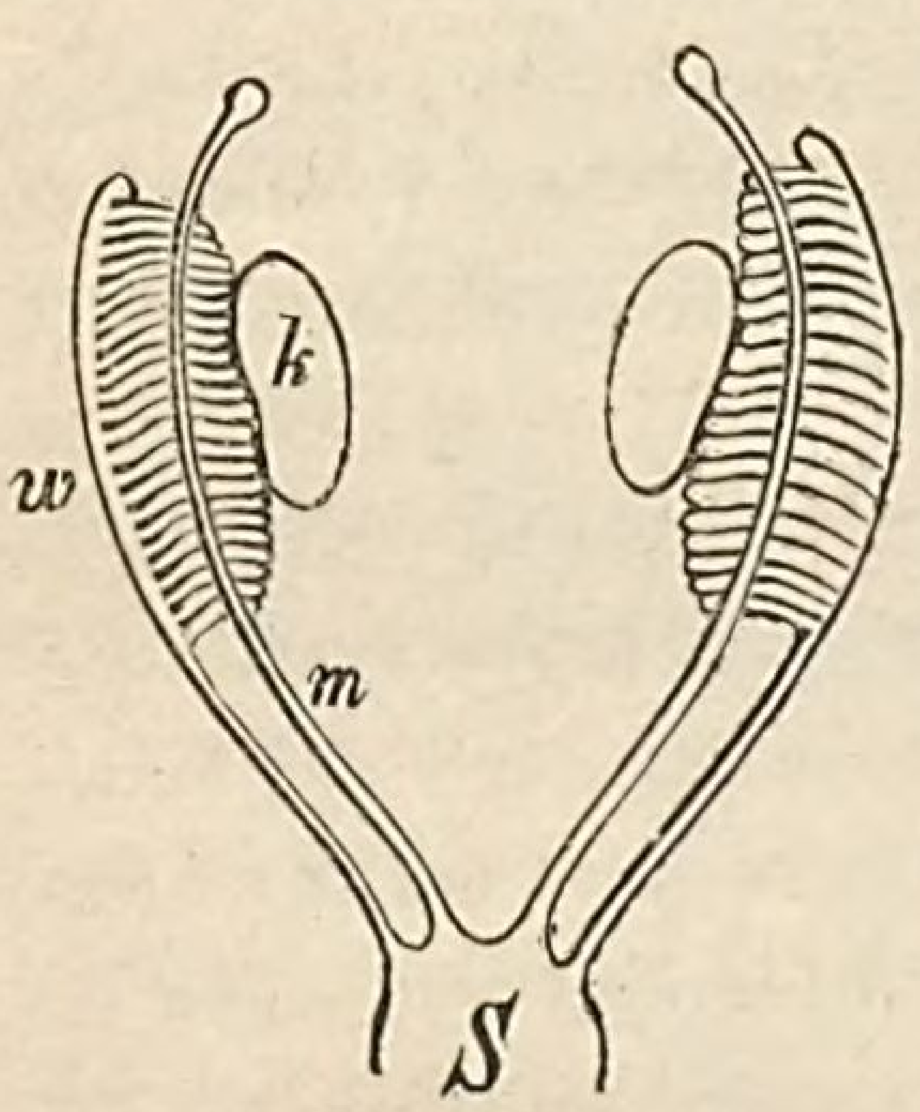


Fig. 198.
S Sinus uro-genitalis, *w* Wolff'scher Körper, *m* Müller'scher Gang, *k* Keimdrüse.

als solche, und zwar beim Menschen schon im 3. Monat; gewisse Theile jedoch finden Verwendung zu bleibenden Bildungen.

In der 6. Woche entstehen neben der Wirbelsäule, am inneren Rande der Wolff'schen Körper, die beiden Keimdrüsen von länglicher Form und ohne irgend einen wahrnehmbaren Geschlechtsunterschied. Bald bilden sich, wie beim Wolff'schen Körper, Querleisten, als erste Andeutungen des tubulösen Baues der Keimdrüse (Valentin), die später entweder Hode oder Eierstock wird. Ferner entwickelt sich jederseits ein von Joh. Müller entdeckter, neben dem Ausführungskanal des Wolff'schen Körpers herablaufender Gang, der oben geschlossen ist und unten gleichfalls in den Sinus urogenitalis mündet.

Zur Erläuterung der Entwickelung der inneren Genitalien stellen wir die Schemata beider Geschlechter schon hier neben einander.

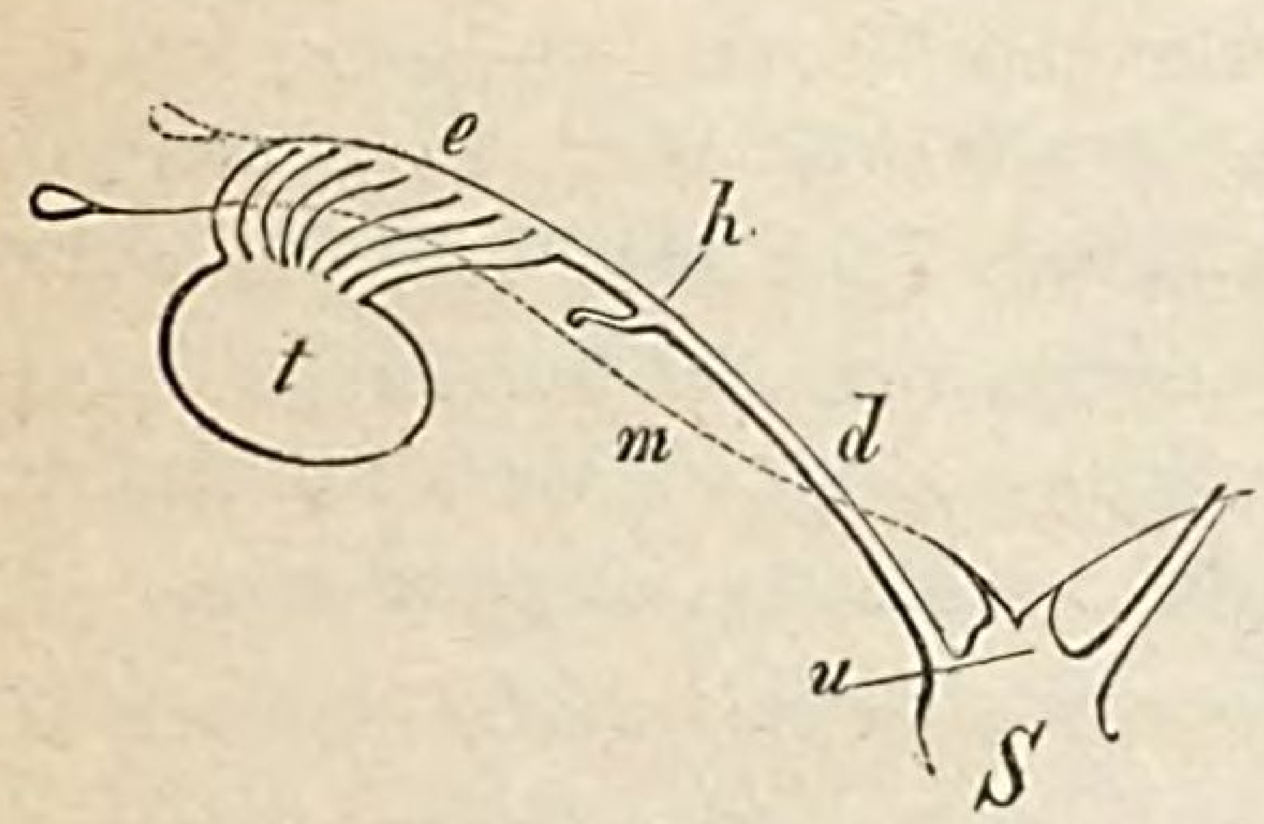


Fig. 199.

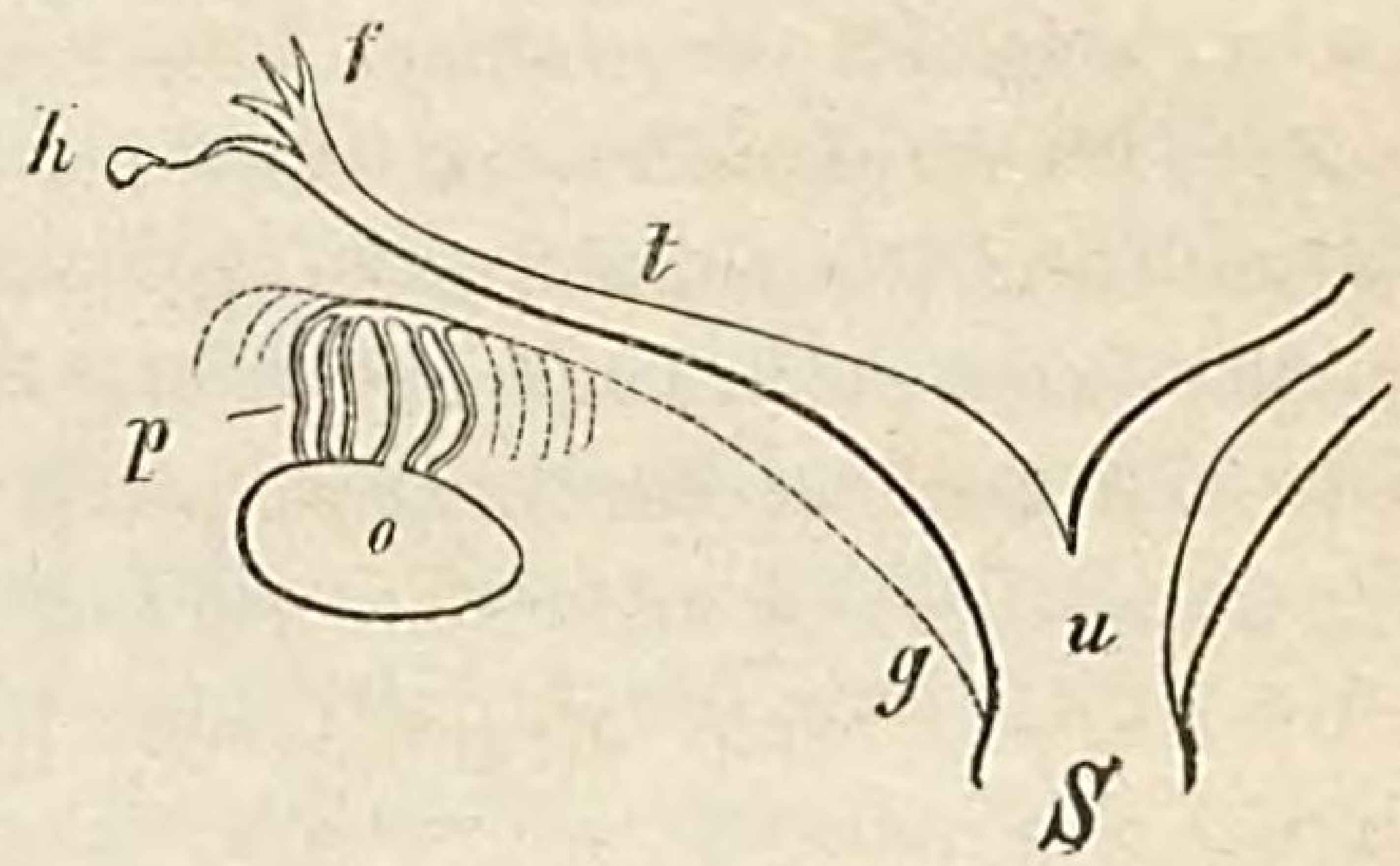


Fig. 200.

S Sinus urogenitalis. Die verschwindenden Theile sind punktirt angedeutet.

Fig. 199. Männliches Geschlecht. *t* Hoden, *e* Nebenhoden, *h* Vas aberrans. *d* Vas deferens, der frühere Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers (*m* Müller'scher Gang), (*u* Uterus masculinus).

Fig. 200. Weibliches Geschlecht. *o* Eierstock, *p* Parovarium (*g* Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers: Garthner'scher Canal in gewissen Species). *t* Tuba, der obere Theil des früheren Müller'schen Ganges. *f* deren Fimbrien, *h* Hydatide. *u* Uterus, als unterer Theil des Müller'schen Ganges.

691. Innere männliche Genitalien.

Bloss die mittleren Blinddärmchen des Wolff'schen Körpers erlangen eine hohe physiologische Bedeutung, sie verbinden sich nämlich mit der Keimdrüse, wachsen weiter, schlängeln sich und stellen den Kopf des Nebenhoden dar. Zugleich entwickeln sich in der Keimdrüse die, wie schon erwähnt als tubulöse Bildungen präformirten, Samenkanälchen stärker. Die oberen Blinddärmchen aber verschwinden, oder werden rudimentäre Bläschen neben dem Kopf des Nebenhodens. Die unteren Wolff'schen Blinddärmchen gehen ebenfalls zu Grunde oder entwickeln sich zu den Vasa aberrantia Halleri. Der Ausführungsgang des Wolff'schen Körpers wird, durch Weiterwachsen und Schlängelung, Kanal des Nebenhodens, in seinem unteren Theil aber Samenleiter. Jeder Samenleiter mündet in den Sinus urogenitalis; letzterer streckt sich später zum Anfangsstück der Harnröhre, alsdann münden die beiden Samenleiter am Caput gallinaginis. Durch Ausstülpung der Harn-

röhre entsteht an dieser Stelle später die Prostata und durch einen gleichen Process am Ende des Samenleiters jederseits die Samenblase.

Die Müller'schen Gänge schwinden fast vollständig. Vom oberen Theil erhält sich nach Kobelt nur ein kleines Fädchen, nebst dem zur Morgagni'schen Hydatide (des Nebenhoden) ausgedehnten Endkölbchen. Der mittlere Theil geht zu Grunde, der unterste dagegen vereinigt sich mit dem der andern Seite zur Bildung eines von Morgagni beschriebenen Bläschens: der Vesicula prostatica, das in der Mitte des Caput gallinaginis mündet. Bei einigen Thieren, z. B. Biber, kommt dasselbe zu stärkerer Entwickelung als förmliches männliches Analogon des Uterus (E. H. Weber).

692. Herabsteigen der Hoden.

In beiden Geschlechtern senken sich die, anfangs hoch oben liegenden Keimdrüsen nach abwärts; die Eierstöcke jedoch viel weniger als die Hoden, welche im 8.—9. Monat in den Hodensack treten. Bei manchen Säugern, z. B. den Nagern, wandern die Hoden selbst vielmals; sie verlassen während der Brunst die Bauchhöhle, um nachher wieder in dieselbe zurückzutreten. Der Weg wird für den Hoden vorbereitet, indem das Bauchfell schon im 3. Monat in der Leistengegend selbstständig eine Ausstülpung bildet, welche durch die Bauchwand dringt: den Scheidenfortsatz (Processus vaginalis) des Bauchfells; die dadurch mitausgestülpte Schicht der Bauchwand wird in ihren äusseren Lagen zur Scrotalhaut, in den inneren aber Tunica vaginalis communis, welche auch Fasern der Bauchmuskulatur mitnimmt, als Anlage des M. cremaster.

Der Wolff'sche Körper liegt sammt seinem Ausführungsgang in einer gekrösartigen Duplicatur des Bauchfells; ausserdem geht vom untern Ende des Wolff'schen Körpers eine Bauchfellduplicatur gerade abwärts zur Leistengegend: das primitive Leistenband (Kölliker), an dem man eine rechte und linke Platte und einen nach vorn gerichteten Fundus unterscheidet. Auch die Geschlechtsdrüse liegt in einem Gekrös, welches bei der Weiterentwicklung des Hodens Mesorchion heisst und sich nach abwärts verlängert bis zur erwähnten oberen Insertion des primitiven Leistenbandes. Mit der Reduction und Metamorphose des Wolff'schen Körpers verschwindet dessen Gekrös, das Mesorchium aber wächst mit dem Hoden und lässt nur dessen hinteres Ende, wo die Nerven und Gefässe eintreten, frei; das primitive Leistenband heisst jetzt Hunter'sches Leitband. Dasselbe ist nunmehr ein Annex des Hodens, es besteht aus einem Strang von bindegewebigem Stroma, der in der oben beschriebenen Bauchfellduplicatur verläuft. Oben grenzt das Leitband an den Hoden, unten geht es über in den Scheidenfortsatz und zwar (auf der Aussenfläche desselben) bis zu dessen Grund; es stellt also ein flaches Band dar, welches auch in die Höhle des Scheidenfortsatzes prominirt und dem herabsteigenden Hoden seinen Weg anweist.

Nach vollendetem Descensus unterscheidet man (s. die Figuren) unter der Scrotalhaut (*s*): 1) die Tunica vaginalis communis (*c*); 2) den Scheidenfortsatz des Bauchfells (*p*), das äussere Blatt der Tunica vaginalis propria; 3) den unmittelbaren serösen Ueberzug *t* des Hodens, das innere Blatt der Tunica vaginalis propria. Der Canal des Scheidenfortsatzes communicirt (s. Fig. 201) mit der Höhle des Bauchfells (sodass Gedärme in den Hodensack eintreten können: angeborner Leistenbruch); er schliesst sich vollständig erst nach der Geburt und zwar vom Hoden bis zum Leistencanal, um sodann entweder als Scheidewand (Ligamentum vaginale *l*) zurückzubleiben oder ganz zu Grunde zu gehen; nur der den Hoden überziehende Theil besteht als äusseres Blatt der Scheidenhaut des Hodens fort. Die Tunica vaginalis propria testis ist demnach ein förmlich abgeschnürter Theil des Bauchfelles.

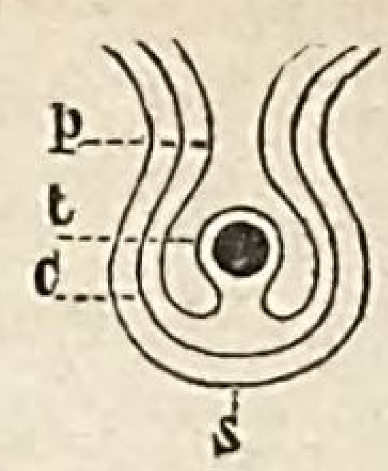


Fig. 201.

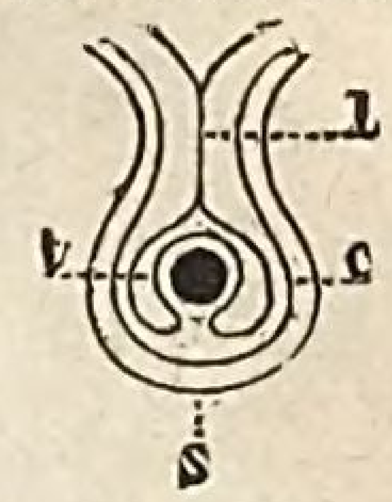


Fig. 202.

693. Eierstock.

Entwickelt sich die anfangs indifferente Keimdrüse zum Eierstock, so erfährt das Organ in seiner weiteren Ausbildung als tubulöse Drüse zwar einen Stillstand, doch geht der ursprüngliche Typus nicht vollständig unter, indem nach Valentin auch der Säugthier-Eierstock wesentlich aus Drüsenschläuchen besteht; diese Schläuche sind nach Pflüger namentlich in kleineren Arten und jungen Thieren nachweisbar, wogegen gewöhnlich das bindegewebe Stroma die eigentliche Drüsensubstanz allmälig zurückdrängt. Die Schläuche sind im Gegensatz zu ihren Analoga, den Samenkanälchen des Hodens, geschlossene Röhren mit einem dickeren inneren und einem schmäleren der Oberfläche des Ovarium's zugewandten Ende; die Schläuche anastomosiren zum Theil mit einander, zeigen eine sehr verschiedene Dicke und Entwickelung und eine Epitelauskleidung ihrer Grundmembran. Die Epitelzellen vermehren sich und wachsen weiter; gewisse Zellen werden bei diesem Wachsthum bevorzugt und bilden sich zu wirklichen Eizellen aus, welche erst später von den allmälig entstehenden und durch ihr Wachsthum die Eierstockschläuche stellenweis erweiternden Graaf'schen Follikeln eingeschlossen werden; die Follikel sind somit nicht das Bildungsorgan der Eichen. Die Eizellen, resp. Graaf'schen Follikel sind anfangs innerhalb der Eierstockschläuche reihenweis gelagert, später aber durch Zwischenmassen von einander getrennt. Obschon sich demnach die Follikel von einander abschnüren, so besteht gleichwohl nach Pflüger auch später noch für jeden Follikel ein präformirter Weg, welcher aus dem Innern des Eierstockes nach der Oberfläche führt.

694. Ausführungsgänge der weiblichen Genitalien.

Der Müller'sche Gang wird im oberen Theile zur Tuba; nahe an seinem Ende entsteht eine Oeffnung: die Bauchöffnung der Tuba; das geschlossene Ende des Ganges wird eine kleine bleibende Hydatide. Die unteren Enden beider Müller'schen Gänge verschmelzen (Serres, Thiersch) zu einem gemeinsamen Kanal: Scheide und Uterus; die Verschmelzung geschieht von unten

her und reicht hinauf bis zum Abgang der Hunter'schen Leitbänder (der späteren runden Mutterbänder). Noch im 4. Monat ist der Uterus, wie in vielen Säugethieren zeitlebens, in 2 Hörner getheilt, von deren Enden aus die Tuben entspringen. Erfolgt die Verschmelzung abnormer Weise nicht, so entsteht ein Uterus duplex mit gedoppelter Scheide. Die Abtrennung des Uterus von der Scheide beginnt im 5. Monat.

Der Wolff'sche Körper geht beim Weib fast vollständig zu Grunde; nur einige seiner Blinddärmchen verbinden sich mit dem Ovarium und stellen das Rosenmüller'sche Organ dar, ein im breiten Mutterband zwischen Eierstock und Eileiter im Fledermausflügel liegendes Analogon des Nebenhodens, der Nebeneierstock (Parovarium) Kobelt's. Die oberen Blinddärmchen verschwinden oder werden zum Theil kleine Hydatiden. Die Wolff'schen Ausführungsgänge gehen ebenfalls zu Grunde; bei manchen Säugern, z. B. Wiederkäuern, bleiben sie beständig, wie Jacobson zeigte, und stellen die, physiologisch bedeutungslosen, Garthner'schen Kanäle dar.

695. Aeussere Genitalien.

In der 5. bis 6. Woche entsteht vor der Kloakenmündung ein Wärzchen, welches nach der Bildung des Mittelfleisches vor der Mündung des Sinus urogenitalis liegt. An der Unterfläche erhält das Wärzchen eine Rinne, deren beide Ränder nach rückwärts laufen und jederseits von einem Hautwulst begrenzt werden. Der Geschlechtsunterschied an den äusseren Genitalien wird erst im Anfang des 3. Monats kenntlich.

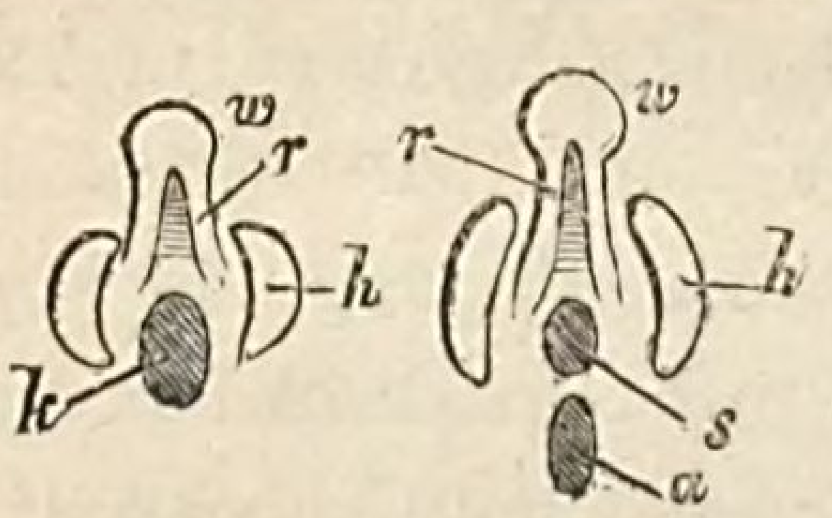


Fig. 203. Fig. 204.

w Geschlechtswärzchen (Penis resp. Clitoris). *r* Ränder der Rinne. *h* Hautwülste (Scrotum, resp. Labia majora). *k* Kloakenöffnung. *s* Sinus urogenitalis. *a* Aftermündung.

Männliches Geschlecht. Das Wärzchen entwickelt sich zum Penis; die Ränder seiner Rinne beginnen in der 10. Woche, und zwar von hinten her, miteinander zu verwachsen zur Bildung des Gliedtheiles der Harnröhre; der Sinus urogenitalis dagegen verlängert sich zum Anfangsstück der Harnröhre. Im 4. Monat beginnt am Penis die vordere Anschwellung zur Eichel; im 7. Monat entsteht, als Faltung der Penishaut, das Präputium. Während der Urethrabildung wachsen die zwei Hautwülste (*h* der Figuren) einander entgegen zur Bildung des Hodensackes; die mediane Vereinigungsstelle der Hautwülste wird zur Raphe scroti.

Weibliches Geschlecht. Das Geschlechtswärzchen, dessen Rinne sich nicht schliesst, bleibt verhältnissmässig zurück; es wird Clitoris. Die Ränder der Clitorisrinne bleiben getrennt als die späteren kleinen Schamlippen. Die Clitoris erhält an ihrer Spitze nur eine kleine eichelartige Anschwellung, die durch eine präputiumförmige Falte, welche von den kleinen Schamlippen entspringt, theilweise gedeckt wird. Der Sinus urogenitalis bleibt

kurz, als Atrium vaginae, in welches die kurze Harnröhre (Allantoisanfang) und die Vagina sammt Uterus (verschmolzene Müller'sche Gänge) münden.

Die Entwickelung der Milchdrüsen gehorcht dem Bildungsplan der übrigen Drüsen der Haut. Nach Kölliker entsteht im 4. Monat eine kegelförmige Epitelialwucherung nach einwärts, die von einer eingestülpten Cutislage überzogen wird. Der Kegel treibt später solide Sprossen, die sich weiter verästeln, kanalisiren und am Ende des Fötuslebens an ihrer Basis aus einander treten und auf der Hautoberfläche sich öffnen.

696. Rückblick auf die Genitalienentwickelung.

In ihrer ersten Anlage zeigen die inneren und äusseren Genitalien, deren Entwickelung besonders von C. F. Wolff, Tiedemann, Rathke, Joh. Müller, Kobelt, E. H. Weber und Thiersch untersucht worden ist, eine vollständige Identität; aber auch nach den späteren definitiven Umwandelungen lassen sich, trotz aller, oftmals grossen, Unterschiede der Formen und Verrichtungen, noch die merkwürdigsten Analogien in beiden Geschlechtern nachweisen. Beim Weib entsteht keine Verbindung zwischen dem Geschlechtsausführungsgang (Tuba) und der Keimdrüse, wohl aber beim Mann; dagegen bildet sich beim Weib nahe am oberen Ende jenes Ausführungsganges eine Oeffnung. Die Region der Genitalien, wo Links und Rechts zusammenstossen, um unpaarig zu werden, ist beim Weib der Uterus, dessen männliches Analogon physiologisch unbedeutend ist. Beim Mann kommen dagegen mehr symmetrische Theile der äusseren Genitalien in der Medianlinie zur Vereinigung. Die folgende Tabelle soll die Vergleichung erleichtern; Theile von geringerer physiologischer Bedeutung oder zurückstehender morphologischer Entwickelung sind eingeklammert.

Indifferenzzustand.	Männlich.	Weiblich.
Keimdrüse.	Hode.	Eierstock.
Wolff'scher Körper. { Ausführungsgang	Samenleiter.	(Garthner'scher Canal.)
Wolff'scher Körper. { Blinddärmchen	Nebenhoden u. Vasa Halleri.	(Nebeneierstock.)
Müller'scher Gang.	ob. Theil { Morgagni'sche Hydatide des Nebenhodens) unt. Theil { (Vesicula prostatica s. Uterus masculinus.)	Tuba und Uterus sammt Vagina.
Sinus urogenitalis.	Pars prostatica et membranacea Urethrae.	Vestibulum vaginae.
Geschlechtswärzchen.	Penis.	Clitoris.
Rinne des Geschlechtswärzchens.	Ränder des Ruthentheils der Urethra.	Labia minora.
Hautwülste d. Geschlechtsorg.	Hodensack.	Labia majora.

697. Ursachen der Geschlechtsdifferenzirung.

Das Zahlenverhältniss der männlichen und weiblichen Individuen bietet in der Thierwelt die grössten Verschiedenheiten, doch so, dass dasselbe für jede Thierart ein festes ist. Im Menschengeschlecht kommen auf 100 weibliche nahezu 106 männliche Geburten. Diese Regelmässigkeit ist ein ungelöstes Problem, denn, so gross der Einfluss der Eltern auf ihre Nachkommenschaft sein kann, so ist derselbe gleichwohl, was die Entstehung der Geschlechter betrifft, nur von mässiger Bedeutung. Nennenswerthe Nebeneinflüsse sind folgende: 1) Körperconstitution der Zeugenden: das kräftigere Individuum übt eine gewisse Präponderanz. 2) Bei Erstlingsgeburten, ferner wenn der Vater gleichaltrig oder gar jünger ist als die Mutter, nimmt der Knabenüberschuss ab (Hofacker).

Aus Statistiken von Hofacker, Sadler, Göhlert, Legoyt und Breslau (letztere widersprechen denen der Vorgenannten etwas) ziehen wir folgende Endwerthe:

	Mann jünger	Beide Gatten gleichaltrig	Mann älter.
Knaben	5052=1000	3473=1029	29853=1057
Mädchen	5052=1000	3375=1000	28248=1000

3) Die Behauptung von Thury, dass der Reifungsgrad der Eier von Einfluss sei, indem die Befruchtung von Kühen am Anfang der Brunst mehr weibliche, zu Ende der Brunst aber überwiegend männliche Nachkommen bedinge, ist in Erfahrungen, die an andern Thiergattungen gemacht wurden (Coste u. A.), nicht bestätigt werden.

Beachtenswerth sind die Geschlechtsverhältnisse der Zwillinge. Von vornherein wäre zu erwarten, dass Zwillinge beiderlei Geschlechts in der Hälfte aller Zwillingsgeburten vorkämen; diess ist aber nur in etwas über $^1/_3$ sämmtlicher Zwillingsgeburten der Fall. Unter den gleichgeschlechtlichen Zwillingen walten die Knaben bedeutend vor. Auch sollen bei den Thieren, die mehrere Jungen zugleich zur Welt bringen, die Individuen eines Geschlechtes, zum Theil sogar auffallend überwiegen.

Die das Geschlecht bestimmenden Ursachen sind 1) zum Theil schon mit der Befruchtung selbst gegeben, oder machen 2) sich zum andern Theil erst während des Uterinlebens geltend. Welche die wichtigeren sind, lässt sich nicht entscheiden. Gegen eine durchgreifende Vorherbestimmung des Geschlechtes sprechen schon die Zwittermissgeburten (Hermaphroditen), die selbst in Säugthieren vorkommen; andererseits darf aber aus der vollständigen Uebereinstimmung in der Uranlage der Geschlechtsorgane und der erst später eintretenden Differenzirung der letztern, nicht gefolgert werden, dass bloss Einflüsse der zweiten Art das Geschlecht bestimmen.

Herzlose Missgeburten sind stets Zwillingsgeburten, d. h. der Acardiacus, welcher in der Regel viel kleiner ist, kommt neben einer normalen Frucht vor. Die Placenta ist gemeinsam, oder richtiger ausgedrückt, das Capillarsystem der Placenta ge-

hört dem gesunden Fötus an; das Herz des letzteren unterhält den Kreislauf des Herzlosen (dessen Herzanlage nicht zur weiteren Entwicklung kommt), indem das Blut in der Nabelarterie des Acardiacus umgekehrt fliesst, um sodann sich in 2 Ströme zu theilen: einen rechtläufigen durch die A. cruralis und einen verkehrten durch die Aorta des Acardiacus; wogegen es durch die Nabelvene zur Placenta zurückkehrt (Hempel). Beide Früchte sind immer desselben Geschlechtes; dasselbe ist auch bei normalen Zwillingen immer (?) der Fall, wenn sie bloss ein (660) Chorion besitzen, deren Placentargefässe also mit einander in Verbindung stehen. Dagegen sind Zwillinge mit getrennten Placenten häufig verschiedenen Geschlechts. Daraus schliesst Claudius, dass es das gemeinsame Blut sei, welches das Geschlecht bestimme, eine Thatsache, mit der freilich für unsere Frage noch nicht viel gewonnen ist.

698. Knochenentwickelung überhaupt.

Die Knochen zerfallen in zwei Gruppen: I. Knorpelig präformirte. Hieher gehört die grosse Mehrzahl, nämlich 1) Wirbelsäule sammt Rippen und Brustbein, 2) die Extremitätenknochen und 3) die Knochen der Schädelbasis, das sog. Primordialcranium. Die Knochenknorpel bilden sich aus den ursprünglichen embryonalen Bildungszellen; sie sind ausgezeichnet durch ihren grossen Reichthum an Knorpelzellen. Die fertigen Knorpel zeigen bereits die wesentlichen Formen der späteren Knochen. Die Verknöcherung als körnige Ablagerung von Kalksalzen beginnt von bestimmten Stellen aus, den sogen. Ossificationspunkten, deren Zahl in den verschiedenen Knochen sehr verschieden ist. Manche Knochenknorpel bilden sich sehr frühe; zuerst die Knorpel der Wirbelsäule und Schädelbasis, sowie die der zwei ersten Kiemenbögen; zuletzt die der Gliedmaassen. Die Osteose der Knorpel beginnt im Anfang des dritten Monates und zwar in anderer Reihenfolge als die Chondrose; nämlich zuerst im Unterkiefer und in den langen Extremitätenknochen; zuletzt in der Wirbelsäule und den Schädelknochen.

Sämmtliche Körpertheile, welche von ihrer ersten Bildung an eine festere Grundlage bedürfen, erhalten die resistenteren Knorpel als Vorläufer der späteren Knochen.

II. Zu den nicht knorpelig präformirten Knochen (Rathke, Sharpey) gehören alle nicht zum Primordialcranium zu rechnenden Schädelknochen, d. h. das Dach und die Seitentheile des Hirnschädels, die Gesichtsknochen und das Schlüsselbein (Bruch).

699. Chorda dorsalis und Wirbelsäule.

Bei allen Wirbelthierembryonen verläuft ein cylindrischer Streif: die Rückensaite, Chorda dorsalis Bär's (c. Fig. 165), von der Basis des Vorderhirns bis zum hinteren Ende des Rückenmarkes. Die Chorda besteht aus einer durchsichtigen Scheide und ziemlich grossen, embryonalen Bildungszellen.

Auf beiden Seiten der Chorda dorsalis entstehen, im mittleren Keimblatt, die sog. Urwirbelplatten (654), welche sehr frühe in dunkele, viereckige, einander symmetrisch gegenüberstehenden Plättchen zerfallen, die sog. Urwirbel.

In der dem Rücken zugewandte Schicht der Urwirbel entstehen die längs der Wirbelsäule verlaufenden Muskeln, in der unteren Schicht die Wirbel und Spinalnervenstämme. Von den Urwirbeln aus erfolgt eine Umwachsung des Medullarrohres, wodurch dasselbe von einer zusammenhängenden Membran umschlossen wird, in welcher später unter anderem die knorpligen Anlagen der Wirbelbögen entstehen. Ausserdem wachsen die Urwirbel, um die Chorda herum, einander entgegen, und stellen nach ihrer Vereinigung die, bald knorpelig werdenden, Anlage der Wirbelkörper dar. Die Anlage der Wirbelkörper bildet demnach, mit derjenigen der Wirbelbögen anfangs ein continuirliches, die Chorda und das Rückenmark einschliessendes Doppelrohr. Die Chorda wird beim Weiterwachsen der Wirbelkörper immer mehr eingeengt und geht später zu Grunde. Seitliche Ausstrahlungen der Wirbelplättchen bilden die Anlagen der Querfortsätze. Die Querfortsätze bestimmter Wirbel wachsen stärker in die Masse der Visceralplatten hinein und gliedern sich ab; der vordere Theil wird Rippe, der hintere eigentlicher Querfortsatz. In den wahren Wirbeln beginnt die Verknöcherung etwas früher in den Bögen (12. Woche), als in den Wirbelkörpern; umgekehrt verhalten sich die falschen Wirbel. Das Steissbein ist beim Neugebornen noch knorpelig.

Auf die Gliederung des, wie erwähnt, anfangs continuirlichen Wirbelkörperrohres (das an die permanente häutige Wirbelsäule der Cyclostomen erinnert) in die einzelnen Wirbelkörper und Wirbelbögen kann in Kürze nicht eingegangen werden. Was die 2 obersten Wirbel betrifft, so ist der Zahnfortsatz des Epistropheus, durch welchen die Chorda dorsalis geht, als erster Wirbelkörper (Bergmann) zu betrachten.

700. Schädelknochen.

Am Kopftheil der Chorda dorsalis trennen sich die Urwirbelplatten nicht in viereckige Urwirbel. Die Urwirbelplatten umwachsen auch hier die Chorda und stellen die anfangs häutige, sodann korpelige Anlage der mittleren Theile des Schädelgrundes dar, das sog. Primordialcranium (Rathke, Jacobson, Kölliker, Virchow). Dasselbe ist eine vielgestaltige, anfangs zusammenhängende Masse, welches die Formen der späteren Knochen schon erkennen lässt. Nur wenige Theile desselben, namentlich die Nasenknorpel, verharren im ursprünglichen Zustand, während die übrigen verknöchern und (im Menschen) die Grundlage des grössten Theils des Hinterhauptbeins, des Keilbeins, Schläfenbeins (die Schuppe ausgenommen), Siebbeines und der unteren Muschel darstellen. Auch die Knorpel der Visceralbögen sind Ausläufer des Primordialcraniums.

Die Entwickelung des mittleren Theiles des Primordialcranium, in welchem das vordere Ende der Chorda dorsalis liegt, bietet einige Analogien mit den Wirbelkörpern (daher der Name Schädelwirbel). Im Anfang des 3. Monats beginnt hier die Verknöcherung und unterscheidet man: 1) das Basilare occipitale, entsprechend der Pars basilaris ossis occipitis, 2) Basilare sphenoideum posticum = Körper des hintern

Keilbeins, 3) Basilare sphenoideum anticum = Körper des vorderen Keilbeins. Die Seitentheile des Occipitalbasilarknorpels sind die Gelenktheile und die untere Hälfte der Schuppe des Hinterhauptsbeines. Das Hinterhauptsbein erinnert, da es zu einem Ring geschlossen ist, wenn man will, noch am ehesten an die Wirbel. Das Sphenoideum posticum gibt die grossen, das Sphenoideum anticum die kleinen Flügel des Keilbeines ab. Die beiden vorderen »Schädelwirbel« schliessen sich also bei weitem nicht zu einem Ring, und die Ausfüllung, d. h. die Bildung des Schädeldaches, geschieht durch Schaltknochen, welche dem Primordialcranium nicht angehören. Wer Gefallen findet an ferne liegenden Analogieen, betrachtet das Siebbein als vierten Schädelwirbel. Das Dach und die Seitenwände des häutigen Primordialcranium verknorpeln, wie erwähnt, nicht; aber auch hier bilden sich Knochen und es sind demnach alle oben nicht aufgezählten Hirn- und Gesichtsschädelknochen nicht knorpelig präformirt.

701. Stoffwechsel im Fötus.

Die befruchtende Einwirkung des Samens gibt den Anstoss zu den chemischen Umsetzungen des Dotters, die zur Bildung der Keimhaut und der ersten Embryonalanlage führen. Diese Thätigkeiten beruhen zunächst auf regen endosmotischen Processen der schnell sich vermehrenden embryonalen Bildungszellen; bei der Kleinheit des Raumes reicht die Endosmose vollkommen hin zur Unterhaltung des Stoffumsatzes. Der Dotter erfährt aber auch eine, relativ sehr erhebliche, Massenzunahme, indem er durch die Wand der Zona pellucida Stoffe aus den Umgebungen des Eies aufnimmt.

Mit dem Auftreten des ersten Kreislaufes werden die Bestandtheile der Nabelblase (Dotterblase) von den Nabelblasengefässen aufgesaugt und zum Aufbau von Embryonaltheilen verwendet, wobei die endosmotische Aufnahme mütterlicher Säfte (aus der Schleimhaut des Uterus) und zwar in gesteigertem Maasse fortbesteht. Während des zweiten Kreislaufes ist die Placenta das Organ, welches die endosmotischen Wechselwirkungen zwischen dem Blute der Mutter und des Fötus vermittelt. Das fötale Capillarblut gibt Stoffe (absorbirte Gase und gelöste feste Bestandtheile) ab in das Blut der Mutter und nimmt aus letzterem welche auf.

Ueber das Maass des fötalen Stoffwechsels haben wir keine directen Anhaltspunkte für die Säuger, wohl aber für die Vögel, deren Embryonen ihren ganzen Bedarf an Eiweisskörpern, Fett, Mineralsubstanzen und Wasser in dem Ei selbst vorfinden und zwar im Weissen wie im Gelben. Was letzteres betrifft, so stellt nur ein sehr kleiner Theil ein Analogon des Säugthiereies dar, während weitaus die grösste Masse, die an der Dotterfurchung nicht Theil nimmt, bloss Stoffmaterial zum Aufbau des Vogelfötus enthält und, wenigstens nach der Ansicht mancher Forscher, vom Graaf'schen Follikel stammt.

Zu diesem Zweck und zur Unterhaltung der Funktionen reichen demnach verhältnissmässig kleine Stoffmengen aus. Das Vogelei empfängt während der Bebrütung von Aussen atmosphärischen Sauerstoff und gibt dafür ab Kohlensäure und Wasser (von welch letzterem ein kleiner Theil im Ei selbst sich bildet). Das absorbirte O übertrifft die abgegebene Kohlensäure dem Volum nach ziemlich bedeutend. In irrespirabelen Gasen entwickeln sich die Vogeleier nicht. Die Eiweisskörper werden verwendet zum Aufbau der Organe und unterliegen in keinem auffallenden Grade einer regressiven Metamorphose; nur von den Fetten schwindet während der Bebrütung ein beträchtlicher Theil (Prout, Prevost und Morin, Baudrimont und St. Ange, Sacc).

In der Leber (etwa von der Mitte des Uterinlebens an), sowie in vielen anderen Organen und Geweben, z. B. Muskeln, Cutis, Gelenke, findet sich nach Rouget Amylon (229), dessen Menge in den Lungen nach Macdonnell sogar 5 % der Trockensubstanz beträgt. Auch im Amnion und der Placenta fand Bernard die Amylonsubstanz. In den meisten Organen nimmt übrigens das Amylon später beträchtlich ab oder schwindet vollständig.

Ob die Normen, welche für das Vogelei gelten, auch auf das Säugethier übertragen werden dürfen, muss unentschieden gelassen werden. Im Vogelfötus ist der Stoffwechsel jedenfalls gering, indem nur ein kleiner Theil der Bestandtheile des Vogeleies der regressiven Metamorphose (Kohlensäure- und Wasserbildung) anheimfällt.

702. Wärme des Fötus.

Die äussere Wärme (der Luft oder des Wassers) ist von Einfluss auf die Entwicklung der Embryonen der eierlegenden Thiere. Den Embryonen der sog. Warmblüter wird die nöthige Wärme durch die Mutter mitgetheilt und zwar beim Vogel mittelst der Bebrütung (die durch die Wärme der Brutmaschine ersetzt werden kann), beim Säugethier durch den Uterus der Mutter. Eine gewisse Wärmemenge entwickelt übrigens auch der Fötus, doch ist dieselbe nur gering.

Frische, keimfähige Vogeleier zeigen einen, freilich nur sehr schwachen, Gaswechsel (Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe); auch haben sie dieselbe Temperatur wie das umgebende Medium, aber sie kühlen sich in der Kälte etwas langsamer ab und erwärmen sich in der Wärme nicht so schnell als nichtkeimfähige Eier (Volkmann). Die Temperatur des bebrüteten Eies hängt ab von der Wärme des Brütofens, aber sie ist doch nicht ganz ausschliesslich eine mitgetheilte; Bärensprung erhielt an solchen Eiern einen, die Temperatur des Brütofens (30—31° R.) um etwa ¼° übersteigenden Wärmegrad. Eine geringe Wärmeentwicklung des Vogeleies ist demnach nicht zu läugnen. Derselbe Forscher fand auch den schwangeren Uterus von Kaninchen und Hunden um fast 1° R. wärmer als den nicht schwangeren; ein Theil dieses Unterschiedes kann auf eine embryonale Wärmequelle zurückgeführt werden.

Der Stoffumsatz, die Abkühlung und (wenn man absieht von der Arbeit des Herzens) die Muskelthätigkeiten sind übrigens nur unbedeutend, alles also Momente, welche die geringe Wärmebildung des Embryo erklärlich machen.

703. Primäre Hirnblasen.

Die Entstehung des Medullarrohres, als Anlage des Hirnes und Rückenmarkes, und die Auftreibungen und Einschnürungen des vorderen Theiles dieses Rohres, welche zur Bildung der 3, resp. 5 primären Hirnblasen führen, wurden schon bei den embryonalen Axengebilden und der äusseren Schädelform und die Bildung der, anfangs membranösen, Hirnhülle in 665 geschildert.

Die unter sich und mit der Rückenmarkshöhle communicirenden Hirnblasen bestehen aus Nervenmasse, die von einer, mit ihnen anfangs innig verwachsenen, äusseren Umhüllungshaut (pia mater) und einer inneren Umhüllungshaut (Ependyma) überzogen ist, also aus 3 Membranen. Die Höhlung der Blasen enthält eine Flüssigkeit, das Absonderungsprodukt der schon frühzeitig relativ stark entwickelten Choroidealplexus, die als Wucherung des Ependym's zu betrachten sind. Die Markmasse verdichtet sich zunächst besonders auf dem Boden der Hirnblasen, so dass letztere hier weniger scharf getrennt sind als an dem Dach; an gewissen Stellen des Daches entwickelt sich sogar die Markmasse gar nicht, sodass daselbst der Verschluss der Hirnhöhle nur durch die gefässreichen Umhüllungshäute hergestellt wird. Im Boden der Hirnblasen entwickeln sich die Stammgebilde des Gehirnes, die basalen Verbindungstheile zwischen dem Rückenmark und der eigentlichen Hemisphärenmasse.

Man unterscheidet: I. Primäre Vorderhirnblase, die in ihrer Uranlage die Wandungen des dritten Ventrikels repräsentirt. Aus ihr wachsen alsbald zwei Bläschen hervor, die eine bedeutende Entwickelung gewinnen: das Vorderhirn; der übrigbleibende Rest der primären Hirnblase heisst dann Zwischenhirn. 1) Das Vorderhirn ist die Grundlage der Hemisphären des Grosshirnes, der Streifenhügel und des Balkens. 2) Das Zwischenhirn bildet die Wandungen des 3. Ventrikels, namentlich die Sehhügel. Die Vorderhirnblase gibt die Ausstülpung der Geruchsnerven und die primäre Augenblase ab, welche letztere sodann dem Zwischenhirn angehört.

II. Die Mittelhirnblase zerfällt nicht in secundäre Blasen; ihre Höhlung stellt die Sylvius'sche Wasserleitung dar; die Markmasse wird zu den Vierhügeln (und Hirnschenkeln zum Theil).

III. Die primäre Hinterhirnblase stellt den vierten Ventrikel mit seinen Umgebungen dar. In der Mitte der Hinterhirnblase entsteht ein nach vorn vorspringender Knick, wodurch dieselbe in eine vordere Abtheilung, das sogen. Hinterhirn (die Grundlage des Kleinhirns), und eine hintere Abtheilung, das Nachhirn (verlängertes Mark), geschieden wird. Durch Verdickung an jenem Knick entsteht die Brücke.

Die von Tiedemann, Meckel, Bär und Reichert untersuchten Metamorphosen beruhen vorzugsweise darauf, dass die Blasen sich erweitern und nach bestimmten Richtungen ausbiegen (die hauptsächlichsten Hirnbiegungen sind 665 erwähnt) und dass sie sich mehr oder weniger abschnüren und ihre Wandungen, unter gleichzeitiger Zunahme der Consistenz des Marks, verdicken, wodurch die ursprüngliche Höhlung immer beschränkter wird. Am geringsten sind diese Metamorphosen im Fische, dessen Gehirn somit am meisten an die embryonalen Hirnformen der höheren Thiere erinnert.

704. Zwischenhirn.

An der vorderen und oberen Wand der primären Vorderhirnblase wachst beiderseits ein hohles Bläschen hervor, die Uranlagen der Grosshirnhemisphären (Fig. 205, *H*); die Grosshirnbläschen (Vorderhirn) stehen jedes durch eine relativ grosse elliptische Oeffnung: das primitive Monro'sche Loch (*m* der Figur) mit dem, bald sich nach abwärts beugenden und dadurch mit der Mittelhirnblase (*M*) einen starken Winkel bildenden Stammbläschen (*Z*) in Verbindung; letzteres, zwischen den weiterwachsenden Grosshirnbläschen eingekeilt, heisst passend Zwischenhirn. Seine Höhlung entspricht dem 3. Ventrikel.

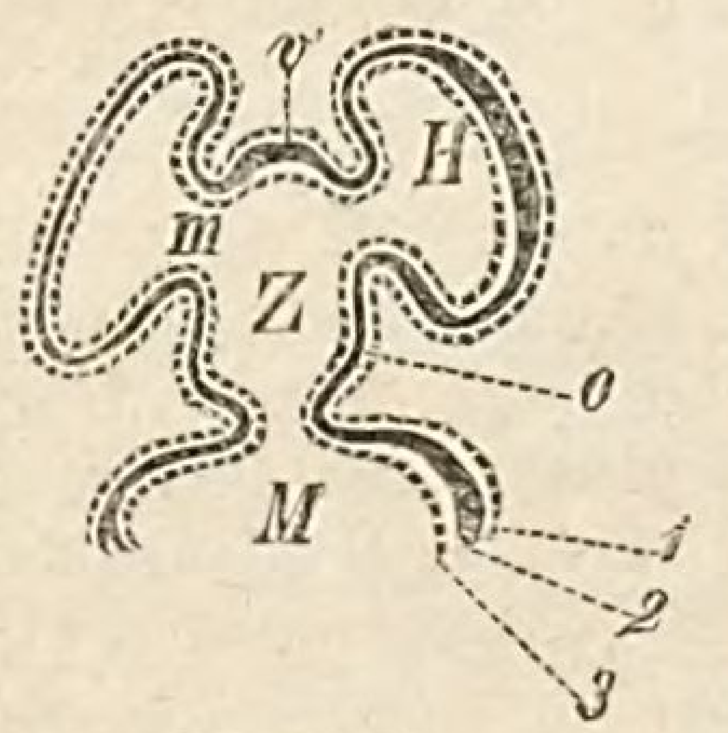


Fig. 205.

Gehirnbläschen von oben geöffnet. *1.* Pia mater. *2.* Markschicht. *3.* Ependyma. *v.* Vorderwand des Zwischenhirns. Die übrigen Erklärungen s. im Text.

An beiden Seitenwänden (*o*) verdickt sich die Markmasse des Zwischenhirns bedeutend, zur Bildung der Sehhügel, wodurch der 3. Ventrikel, sowie auch die Monro'schen Löcher immer mehr eingeengt werden. Im Boden des Zwischenhirns entwickelt sich später das Tuber cinereum mit dem Trichter und hinter diesem als einfacher Vorsprung die Corpora candicantia (Ende des 2. Monates); vor dem Trichter befinden sich die Sehnerven, die sich vom Boden des Zwischenhirns ablösen und im 3. Monat zum Chiasma verschmelzen, sowie auch der Tractus opticus sich von der Aussenfläche der Seitenwand des Zwischenhirns ablöst. Die Vorderwand *v* des Zwischenhirns bildet überhaupt den vorderen Abschluss der primitiven Hirn-Rückenmarkshöhle; derselbe ist später in der Gegend vor dem Chiasma opticum, in der definitiven Lamina terminalis der 3. Kammer (nicht im Hirntrichter) zu suchen. In der Vorderwand entsteht unter anderen die vordere Grosshirncommissur.

Der zu den Blutgefässdrüsen gehörende sog. Vorderlappen der Hypophyse bildet sich nicht etwa als Wucherung der Pia mater, sondern nach Rathke als Einstülpung von der Schleimhaut der Rachenhöhle aus. In der That findet sich an der knorpligen Schedelbasis ein am Türkensattel sich öffnendes kleines Loch, durch welches jene Einstülpung eindringt.

Nach Dursy wird die Bildung der Hypophyse vorbereitet durch das knopfförmig verdickte Kopfende der Chorda, welches anfangs von der Schädelbasis nicht völlig umwachsen wird, daher mit dem vorderen Ende der vordersten primitiven Hirnblase, sowie

mit dem die Schlundhöhle auskleidenden Epithelium in innigem Zusammenhang verharrt. Es werden dadurch die Schlundhöhle und die genannte Hirnblase, indem sie die im Längenwachsthum zurückbleibende Chorda allmählig überragen, zur Bildung trichterförmiger, dem Chordaknopf anhängender, Aussackungen veranlasst und es zeigt die Schädelbasis eine sie aufnehmende Lücke. Alsbald schliesst sich die Lücke, schnürt die Schlundausstülpung in Gestalt eines Säckchens ab und es verwandelt sich das letztere in die Vorderlappen der Hypophyse, der Chordaknopf dagegen liefert das Bindegewebsgerüste und die Blutgefässe.

In der Decke *D* Fig. 206, des Zwischenhirns kommt die Marksubstanz nicht zur Entwickelung, sondern bloss die beiden Begrenzungshäute als Tela choroidea superior, nebst dem, von hier aus sich entwickelnden Adergeflecht des 3. Ventrikels. Im Hintertheil dieser Decke bildet sich im 4. Monat auf nicht gekannte Weise die Zirpel; die dickste Stelle der Decke unmittelbar vor den Vierhügeln wird zur hinteren Grosshirncommissur und den Marklamellen der Zirpel. Ein anderer Verbindungstheil, die graue Commissura mollis, entsteht durch Verwachsung beider Sehhügel.

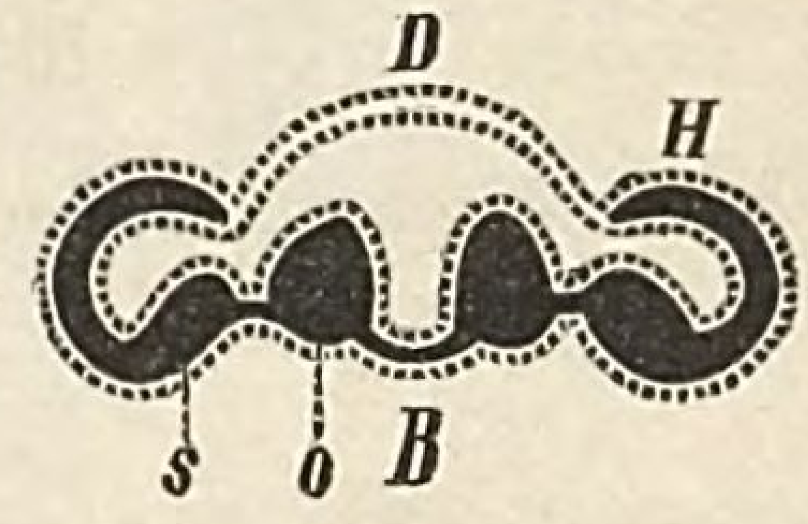


Fig. 206.

Schematischer senkrechter Schnitt von rechts nach links. *B* Boden, *D* bloss membranöse Decke, *o* Seitenwand (Sehhügel) des Zwischenhirns. *H* Grosshirnblase, *s* Streifenhügel.

705. Grosshirnblasen.

Durch Verdickung an der Innenwand und dem Boden der Grosshirn- (Vorderhirn) blase entsteht am Ende des 2. Monats, als längliche Erhabenheit, der Streifenhügel, der, anfangs kleiner als der Sehhügel, bald sich stark entwickelt und dadurch ebenfalls zur Verengung des primitiven Monro'schen Loches beiträgt. Durch den Streifenhügel bekommt die Grosshirnblase die Gestalt einer Bohne, in deren Ausschnitt das Monro'sche Loch fällt, welchem gegenüber, an der Aussenwand, der Stammlappen (Insel) liegt. Die Grosshirnblase umwächst den Stammlappen nach allen Richtungen; man unterscheidet (s. Fig. 207, welche die Aussenwand der Grosshirnblase darstellt) den Vorder- (Stirn) lappen *v*, Ober- (Scheitel) lappen *o*, Unter- (Schläfen-) lappen *u*, aus welchem beim Weiterwachsen der Hirnblase der (das Kleinhirn *k* bedeckende) Hinterlappen *h* später hervorwächst. Die Sylvius'sche Grube als anfangs breite flache Furche zwischen Vorder- und Unterlappen, bildet sich mit stärkerer Entwickelung des Unterlappens im 3. Monat. Um diese Zeit zeigt die anfangs glatte Hemisphärenoberfläche Windungen, die aber nicht den bleibenden Windungen entsprechen, welche erst vom 7. Monat an sich bilden. Im Grund der Sylvius'schen Grube liegt der später mit Windungen versehene Stammlappen (Insel *i*), der am Ende des Embryonallebens durch eine Verlängerung des Oberlappens (sog. Deckel) von oben her (von *d* aus) bedeckt wird. Die Haupttheile

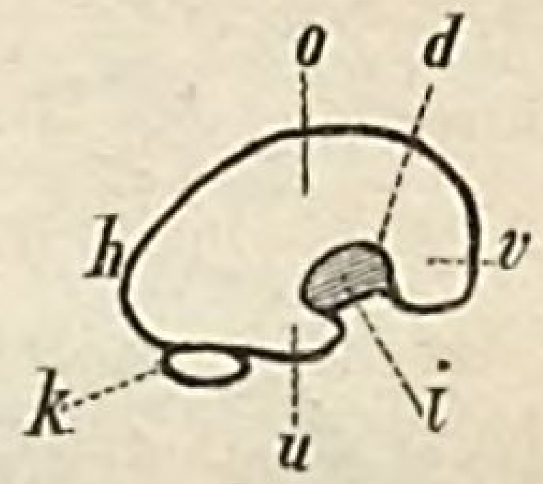


Fig. 207.

der Grosshirnhemisphären sind schon in der ersten Anlage gegeben und die primitive Hemisphärenhöhle stellt den Seitenventrikel dar, der durch Verdickung der Wandung immer mehr eingeengt wird und in das Vorder- und Unterhorn zerfällt. Das Hinterhorn bildet sich nachträglich mit dem Wachsthum des Hinterlappens. Das Ammonshorn entsteht Ende des 4. Monates, indem die Wand des Unterhorns nach einwärts eine Faltung bildet, die .sich verdickt.

Die äussere Form des menschlichen Gehirns ist besonders durch das bedeutende Wachsthum der Grosshirnblasen bedingt, die nach und nach die übrigen Blasen von oben her vollständig bedecken; auch das Zwischenhirn wird umwachsen mit Ausnahme einer freien Stelle (Tuber cinereum u. s. w.) am Boden desselben.

An der Grenze zwischen Mittel- und Zwischenhirnblase befindet sich das, von der Dura mater hereinwachsende, spätere Tentorium cerebelli, anfangs eine senkrechte Querwand in der Schedelhöhle, die aber allmälig mit dem Wachsthum der Grosshirnblase nach rückwärts rückt und sich wagrecht legt.

Das Zwischenhirn ist von der Grosshirnblase jederseits durch eine tiefe Furche getrennt (s. Fig. 206), welche mit der Entwickelung des Streifenhügels *s* immer mehr schwindet; letzterer verschmilzt mit der Aussenwand des Zwischenhirns (Sehhügel) vollständig, und als Rest der ursprünglichen Trennung beider Blasen verbleibt bloss die Stria cornea.

706. Verbindungstheile der Grosshirnblasen.

Ihre allmälige Bildung hat Reichert nachgewiesen. Die schmale Markwand, welche die Zwischenhirnhöhle vorn abschliesst, geht fast im rechten Winkel in die Innenwand des Vorderlappens des Grosshirnbläschens jederseits über (s. Fig. 205) und die Umbiegungsstelle dieser Markfalte begrenzt das Foramen Monroi (Fig. 205. *m*).

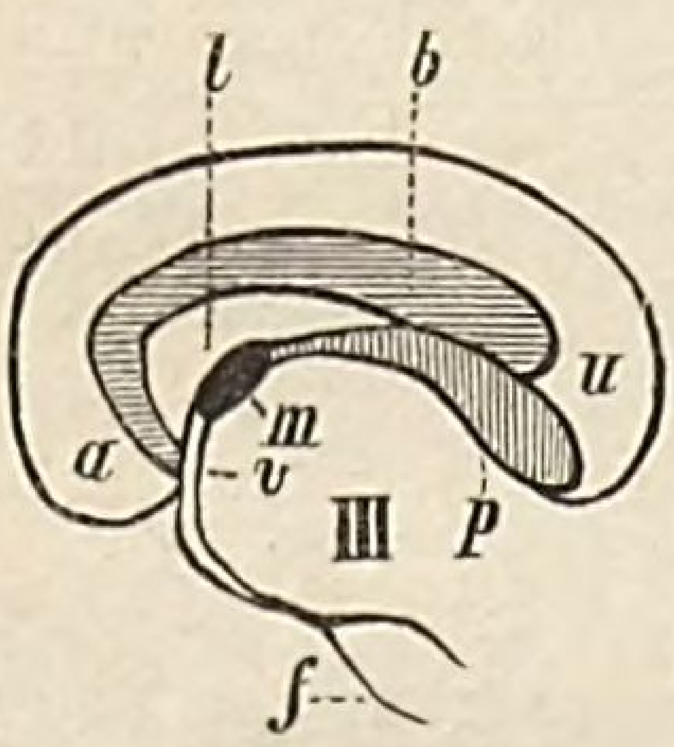


Fig. 208.

Mediane Wand der rechten Grosshirnblase. *a* Vorderlappen, *f* Hirnstiel. Das Uebrige s. im Text.

Der mittlere Theil des Grosshirnbläschens bedeckt die convexe Aussenwand des Zwischenhirnes (Sehhügel) und accommodirt sich seiner Form; desshalb zieht sich (s. Fig. 208) vom hinteren Rand des Monro'schen Loches *m* eine der Innenwand der Hemisphärenblase angehörende, also senkrechte Markfalte *p* (in der Figur senkrecht gestrichelt) nach rückwärts und abwärts in den Unterlappen *u*. Diese Markfalte ist die Anlage des Ammonhorn's (durch Einstülpung in die Höhlung des Unterhorns), sowie des absteigenden Schenkels und des Körpers des Gewölbes. Am Ende des 4. Monats verdickt sich die vordere Endplatte *v* des 3. Ventrikels (III) in ihrem oberen Theile stark, und es entstehen dadurch, abgesehen von der, § 704 erwähnten, vorderen Commissur, an ihrer Innenwand die aufsteigenden Säulchen des Gewölbes, deren Markmasse über das Monro'sche Loch in jene sichelförmige Marklamelle *p* sich fortsetzt. Das Monro'sche Loch,

obwohl sehr verengt, verbleibt als einzige freie Communication zwischen dem 3. und Seitenventrikel.

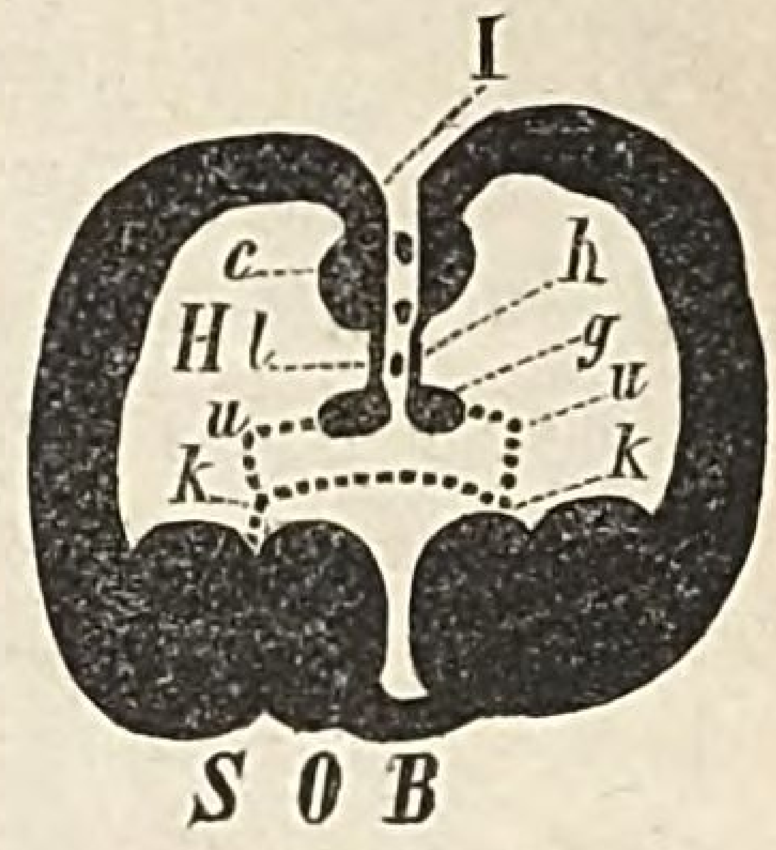


Fig. 209.

Fig. 209: Senkrechter Schnitt von rechts nach links durch Grosshirnbläschen und Zwischenhirn in der Gegend des Körpers des Gewölbes.

B Boden, *kk* membranöse Decke des 3. Ventrikels, *O* Sehhügel, *S* Streifenhügel, *H* Grosshirnblase, *I* Innenwand derselben. *uu* umgelegter unterster Theil dieser Innenwand, bei *g* zum Gewölb sich verdichtend, sonst aber membranös bleibend. *uu* liegt unmittelbar auf *kk*, ist aber in der Zeichnung davon abgehoben, sodass ein nicht existirender Zwischenraum entsteht, *l* sich verdünnende Stelle der Wandung der Grosshirnblase: Anlage der Marklamelle des Septum pellucidum. *c*: Verwachsungsstelle beider Grosshirnblasen zur Bildung des Balkens. *h* Ventrikel des Septum pellucidum.

Das Grosshirnbläschen wächst auch nach einwärts und dadurch legt sich die, anfangs senkrechte, Marklamelle *p* allmälig horizontal (s. Fig. 209), bedeckt das bloss membranöse Dach des 3. Ventrikels, stosst mit der entgegenwachsenden Marklamelle des anderen Grosshirnbläschens in der Medianlinie unter Verwachsung zusammen, geht aber weiter rückwärts beiderseits in die Hinterwand des betreffenden Unterlappens über. Vorn verdichtet sich diese umgelegte Marklamelle zum Körper und weiter rückwärts zu dem absteigenden Schenkel des Gewölbes. Der Raum zwischen den divergirenden absteigenden Schenkeln des Gewölbes wird zum Psalterium, wo sich die Markmasse nur schwach entwickelt; dagegen bleibt die umgeschlagene Marklamelle in ihrem Verlauf zwischen dem Aussenrand des Fornix und der Stria cornea (705) häutig und verwächst daselbst mit der häutigen Decke des Sehhügels.

Demnach geht das Gewölbe aus der umgelegten Innenwand der Grosshirnblasen hervor und ist nicht die eigentliche Decke des 3. Ventrikels.

Die senkrechte Innenwand der Grosshirnbläschen, die sich namentlich in dem immer mehr sich entwickelnden Hinterlappen stark verdickt, bleibt auffallend dünn an derjenigen Stelle des Vorderlappens, wo sie das Vorderhorn begrenzt. Diese verdünnte Stelle (*l* Fig. 208) gewinnt beiderseits die Form einer späteren Markplatte des Septum pellucidum. Endlich bildet sich mittelst Querfasern, am Ende des 3. Monats, eine neue Verwachsung zwischen den sich berührenden Innenwänden beider Grosshirnhemisphären: der Balken, und zwar in der ganzen Länge, welche der Balken auch später im Erwachsenen zeigt (wagrecht gestrichelte Schicht *b* Fig. 208). Durch die Commissurenbildungen an der Vorderwand des 3. Ventrikel's, namentlich aber durch die Entstehung des Balken's in der Umgebung der Anlage des Septum pellucidum wird eine spaltenförmige Höhle abgegrenzt, die Höhle des Septum pellucidum. Die Wände derselben sind also die Verdünnungen der genannten Stelle beider Gehirnblasen; die Höhle selbst ist kein ächter, d. h. der Hirn-Rückenmarkshöhle angehörender oder von dieser abzuleitender, Ventrikel, sondern eine Bildung an der Aussenfläche des Hirnrohres.

707. Mittel- und Hinterhirnblase.

Die Mittelhirnblase, welche zu einer gewissen Zeit die höchste Stelle des Hirnes einnimmt, erleidet die geringsten Veränderungen. Sie wird allmälig von den Grosshirnhemisphären bedeckt. Durch Verdickung ihrer Wandungen wird die Höhle schliesslich auf den engen Aquaeductus Sylvii beschränkt, die bleibende Verbindung zwischen dem 3. und 4. Ventrikel. Im 5. Monat bekommt das Mittelhirn eine Längsfurche, im 7. eine Querfurche; damit ist die Bildung der Vierhügel vollendet. Die hauptsächlichste Verdickung erleidet aber die Vierhügelblase an ihrem Boden, durch Bildung der Hirnstiele.

Die primäre Hinterhirnblase zerfällt, wie bemerkt, in das Hinter- und das Nachhirn, welche durch eine starke Einknickung von einander geschieden werden.

An der Basis des Hinterhirns wuchert jederseits ein halbrundes Läppchen hervor; beide Läppchen wachsen nach aufwärts (rückwärts) und einwärts und bilden, nachdem sie in der Mittellinie sich vereinigt haben, ein schmales, am hinteren Rand der Vierhügelblase verlaufendes Markblatt, das die Oeffnung des Hinterhirns (den 4. Ventrikel) zum Theil überbrückt, die Anlage des Kleinhirnes. Durch stärkeres Wachsthum der Seitentheile dieses Markblattes bilden sich die Hemisphären des Kleinhirnes (6. Monat), und somit der Unterschied von dem medianen Theil (dem Wurm). Die Furchungen der Hemisphären folgen bald nach. Das Kleinhirn ist somit die obere Wand des Hinterhins. Die untere Wand des Hinterhirns (an der Grenze zwischen Hinterhirn und Nachhirn) verdichtet sich und prominirt stark nach vorn: sie wird zur Brücke (Ende des 3. Monats).

Das Nachhirn, die Anlage des verlängerten Markes, zeigt in einem grossen Theil seines Daches keine Entwickelung der Markmasse und wird daselbst nur durch die Umhüllungshäute (die bindegewebige Decke der Rautengrube: Tela choroidea posterior) geschlossen.

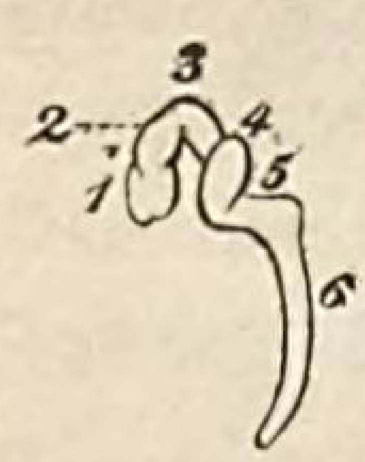


Fig. 210.

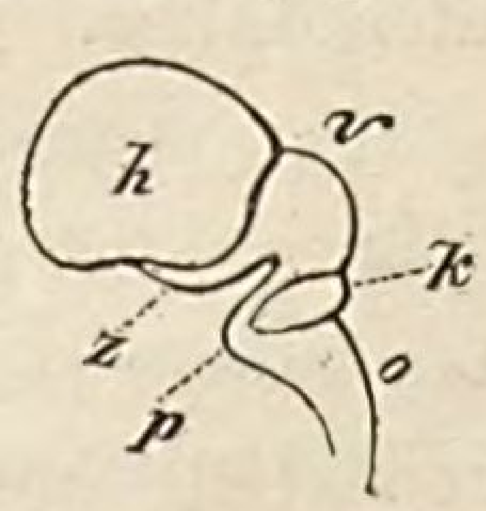


Fig. 211.

Fig. 210. 7. Woche. *1* Vorderhirn. *2* Zwischenhirn. *3* Mittelhirn. *4* Hinterhirn. *5* Nachhirn. *6* Rückenmark.

Fig. 211. 12. Woche. *h* Hemisphären des Grosshirnes, über die Sehhügel gewachsen, sodass nur der untere Umfang *z* des Zwischenhirnes noch sichtbar ist. *v* Vierhügel. *k* Kleinhirn. *p* Brücke, *o* verlängertes Mark.

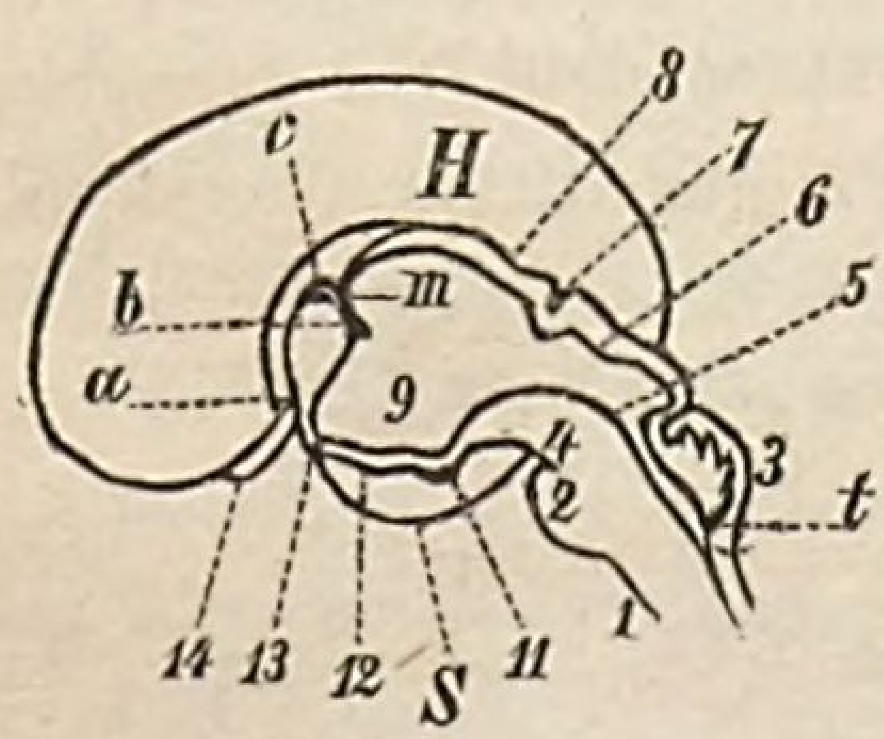


Fig. 112.

Fig. 212 (nach Reichert). Durchschnitt in der Medianlinie, Ansicht der rechten Schnittfläche. 14. Woche. *1* Verlängertes Mark. *2* Brücke. *3* Kleinhirn. *4* Grosshirnschenkel. *5* Sylvi'sche Wasserleitung. *6* Vierhügel. *7* Markblätter der Zirpel u. (darunter) hinteren Commissur. *8* Zirpelstiele. *9* Dritter Ventrikel, resp. rechter Sehhügel. *11* Gegend wo die Corpora mammillaria sich entwickelt. *12* Gegend des Trichters. *13* Chiasma optic. *14* Riechnerv. *a* Lamina terminalis. *b* Vordere Hirncommissur u. Säulchen des Gewölbes. *c* Stelle, welche Marklamelle Septum pellucidum wird. *m* Monro'sches Loch. *t* Tela choroidea inferior. *H* Grosshirnblase.

708. Rückenmark und Nerven.

Ueber die rinnenförmige, bald zum Rohr sich schliessende, Anlage des Rückenmarks s. 654. Die Ansammlung von grauer Nervenmasse geschieht an beiden Seiten des Medullarrohrs, sodass die durch das ganze Rückenmark sich erstreckende Höhlung im Querschnitt anfangs die Gestalt einer von vorn nach hinten gegen den Rücken gerichteten Spalte bekommt. Später lagert sich auf der Aussenseite des aus grauer Masse gebildeten Rohrs der Mantel weisser Marksubstanz ab. Je jünger der Fötus, desto grösser ist im Verhältniss zum Gehirn das Rückenmark. Dasselbe füllt anfangs den ganzen Wirbelkanal aus bis zum Steisshöcker, später aber wächst der Wirbelkanal stärker. Die centrale Höhle mündet oben in den 4. Ventrikel, und ist am untern Ende in der ersten Zeit weiter: der sogen. Sinus rhomboidalis (perennirend beim Vogel). Der Rückenmarkkanal persistirt bei vielen Thieren; im Menschen stellt sein Rest den sogen. Centralkanal dar.

Bloss die Geruchs- und Sehnerven sind Ausstülpungen der Hirnblasen; die übrigen Nerven dagegen wachsen nicht aus den Centralorganen heraus, sondern bilden sich überall, wo Organe und Gewebe sich differenziren. Kopf- und Rückenmarkslose Missgeburten haben ebenfalls Nerven. Auch die Stämme und Ganglien der Rückenmarksnerven entstehen nach Bidder und Kupffer selbstständig in den Urwirbeln (699) und setzen sich erst nachträglich mit dem Rückenmark in Verbindung.

709. Primäre Augenblase.

Aus der Vorderhirnblase entsteht, in der 3. oder im Beginn der 4. Woche, nach Bär beiderseits eine Ausstülpung: die, verhältnissmässig sehr grosse, primäre Augenblase (*a* Fig. 213), als erste äussere Spur des Auges. Nach der Theilung der Vorderhirnblase gehört die Augenblase dem Zwischenhirn an. Bei ihrem Weiterwachsen hängt die Augenblase durch einen Stiel (*s*), den späteren Sehnerven, mit dem Gehirn zusammen. Beide sind von den allgemeinen Bedeckungen (wir wollen kurz Cutis sagen) überzogen, sowie, ähnlich den Hirnblasen, hohl und sehr bald in eine Belegmasse eingebettet, aus der die Theile der Augenhöhle, namentlich deren Wandungen sich ausbilden. Sehr frühe entsteht ein dunkeler, unten anfangs noch offener Ring als Vorderende der pigmentirten Choroidea.

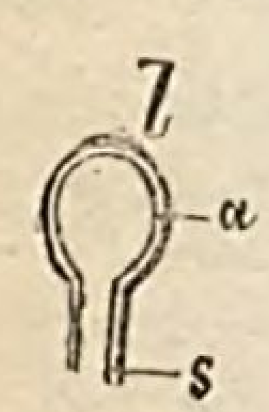


Fig. 213.

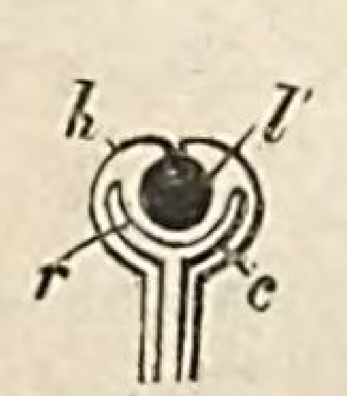


Fig. 214.

710. Secundäre Augenblase.

Die Cutis erleidet da, wo sie den Grund der primären Augenblase überzieht (Fig. 213 *l*), wie Huschke nachwies, eine Einstülpung, sodass hier eine

feine Oeffnung in ein Blindsäckchen führt. Letzteres schnürt sich ab, wächst weiter und füllt seine Höhlung aus (Anlage der Linse, s. unten). Durch dieses Einstülpungsprodukt wird auch die darunter liegende primäre Augenblase in sich selbst eingestülpt (Fig. 214) und zwar bis zum vollständigen Verschwinden ihrer früheren Höhlung; damit ist die, eine Becherform bietende, sogenannte secundäre Augenblase hergestellt. Letztere ist also nichts anderes als eine Duplicatur der früheren primären Blase, deren eingestülpte Schicht Retina (Fig. 214, *r*) wird, während die nichteingestülpte äussere Schicht (*c*) die Choroidea darstellt.

Der nichteingestülpte Cutisüberzug wird Sclera (*h*); diese trennt sich am Ende des zweiten Monats in eine durchsichtigere Cornea und die eigentliche Sclerotica. Aus den eingestülpten Theilen entsteht das Linsensystem (*l'*) und die Anlage des Glaskörpers (Schöler). Die vordere Halbkugel der Linse, die sich sehr bald von der Sclera abschnürt, ragt aus der Mündung der secundären Augenblase wie ein Ei aus dem Eierbecher hervor.

711. Gemeinsame Augenspalte.

Beide Schichten der secundären Augenblase, d. h. Choroidea und Retina, sowie Glaskörper und Sclera, zeigen anfangs eine Spalte, die vom Augenstiel nach vorn über den unteren Umfang des Augapfels sich erstreckt. Rückwärts setzt sich die Spalte auf dem Augenstiel fort. Diese, die Hauptgebilde des Auges betreffende, embryonale Bildung hängt wesentlich mit der Entstehung der secundären Augenblase zusammen, sodass das im vorigen § schematisch Angedeutete einer kleinen Berichtigung bedarf.

Die Spalte verläuft auf der Unterseite der secundären Augenblase und des Augenstiels (Fig. 215); der Grund der becherförmigen Vertiefung (*b*) der Augenblase führt nicht in die Höhlung des Augenstiels, sondern in eine auf dem letzteren verlaufende, von Huschke erkannte Rinne *r*. In die Rinne der Augenblase senkt sich aber auch der Cutisüberzug ein, sodass selbst die Sclera anfangs gespalten ist. Die Ränder (*R*) der Spalte wachsen einander von den Seiten her entgegen, bis sie endlich zusammenstossen (Fig. 216). Im Grunde der Augenstielspalte verläuft die Centralarterie *c*; die Spaltenränder wachsen einander entgegen, während zugleich der Stiel seine Höhlung verliert. Der nunmehr solide Sehnerv schliesst in seiner Mitte die Arterie ein.

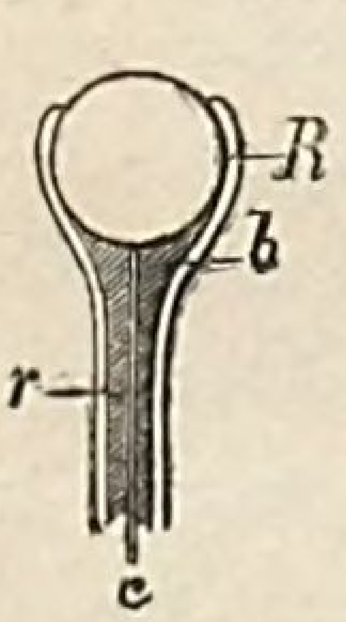


Fig. 215.



Fig. 216.

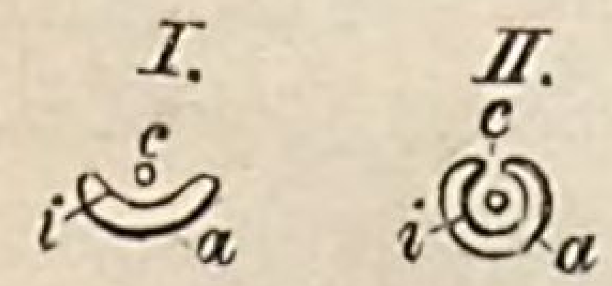


Fig. 217.

Dieser Vorgang ist in den Querschnitten I. und II. Fig. 217 schematisirt. *c* Arterie, *i* eingestülpte, *a* äussere Wand des Augenstiels.

Die Centralarterie tritt aus dem Sehnerven in die Augenblase und gibt unter anderem auch eine Arteria hyaloidea ab, die in gerader Richtung zur

Mitte der Hinterwand der Linse (resp. Membrana capsulo-pupillaris, s. 712) verläuft. Auf letzterer liegt der, noch im Anfang des 3. Monates ganz dünne, membranartige Glaskörper, welcher nur einen Theil der Hinterwand der Linse bedeckt. Die Arteria hyaloidea bietet ein Hinderniss für die Entwickelung des Glaskörpers in die Breite; derselbe wächst nach Ammon wurstförmig um das Gefäss herum; dadurch entsteht wiederum eine Rinne, die sich später schliesst bis auf den Canalis hyaloideus für das Gefäss selbst.

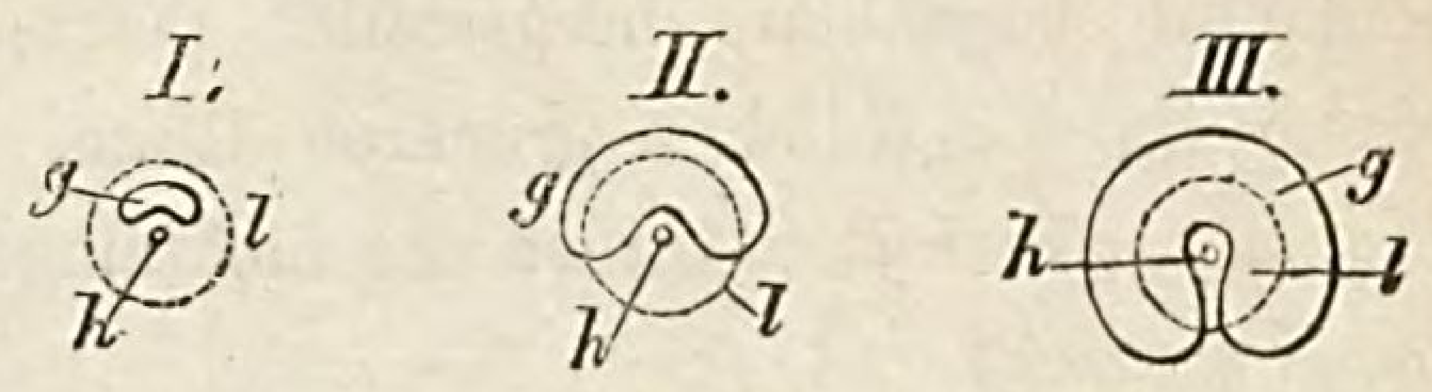


Fig. 218.

Diesen Process soll Fig. 218 andeuten. *l* Hinterseite der Linse; *g* Glaskörper, *h* Art. hyaloidea im Querschnitt. Die Rinnenbildung im Augenstiel scheint durch die Anwesenheit der Centralarterie bedingt zu sein, um welche der sich entwickelnde Augenstiel herumzuwachsen genöthigt ist, ähnlich wie der Glaskörper.

712. Kapselgefässhaut und Iris.

Die Linsenkapsel ist anfangs genau umschlossen von einem durch bedeutenden Gefässreichthum ausgezeichneten Sack (Fig. 219, *p*). Bald zieht sich die Vorderfläche der Linsenkapsel zurück von dem Vordertheil der gefässreichen Kapselhaut und es wächst (von der 7. Woche an) in den dadurch gebildeten Raum, von dem vorderen Choroidealring aus, die Iris als membranöser Ring herein (Fig. 220, *i*). Der vor der Iris liegende Abschnitt der gefässreichen Kapselhaut zieht sich auf die Iris zurück, bleibt mit dieser im Zusammenhang und verschliesst demnach mit seinem centralen Theil das Sehloch als feine, sogen. Membrana pupillaris, während der hintere Abschnitt des Sackes Membrana capsulo-pupillaris heisst (J. Müller und Henle). Die Arterien der Membrana pupillaris kommen später von der Iris, die der Capsulo-pupillaris besonders von der Arteria hyaloidea, dem oben erwähnten Ast der Arteria centralis retinae, der durch den Glaskörper zur tellerförmigen Grube geht. Diese Gefässe verlaufen auf der Hinterwand der Kapsel, biegen aber auch auf deren vordere Wand um, welch letztere noch von dem den Umfang der Linsenkapsel umgebenden Circulus Mascagni Gefässe erhält. Die Venen der Pupillaris und Capsulo-pupillaris gehen in die Venen der Iris und Choroidea; es gibt keine Vena hyaloidea. Die Pupillarmembran verschwindet im 7. Monat; auch die Capselpupillarhaut verliert am ganzen hinteren Umfang der Linsenkapsel ihre Gefässe; die Arteria hyaloidea ist noch sichtbar im Neugebornen und obliterirt erst später.

l Linse, anfangs kugelförmig, *k* (weisser Kreis) Linsenkapsel. *p* Gefässreiche Kapselhaut. Durch Hereinwachsen der Iris (*i*) beginnt die Scheidung in *p'*: Membr. pupillaris und *p''* Memb. capsulo-pupillaris. *g* Glaskörper (in Fig. 219 als sehr dünne Membran noch weggelassen). *o* Nerv. opticus. *s* Sclera. *a* Secundäre Augenblase. in Fig. 220 als *a'* in Retina und Choroidea geschieden.

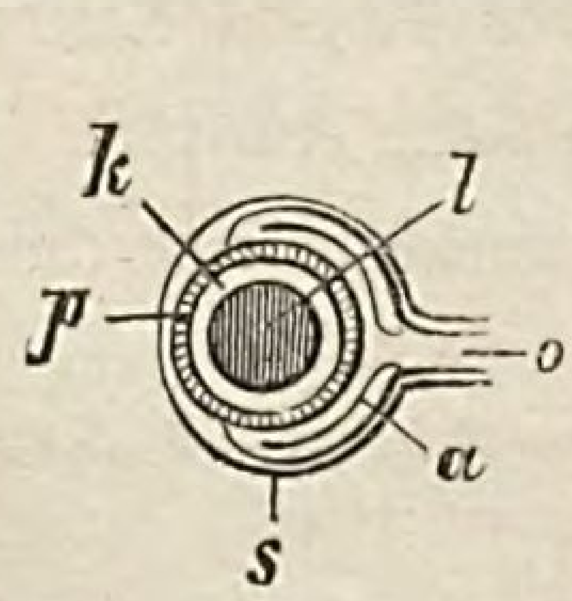


Fig. 219.

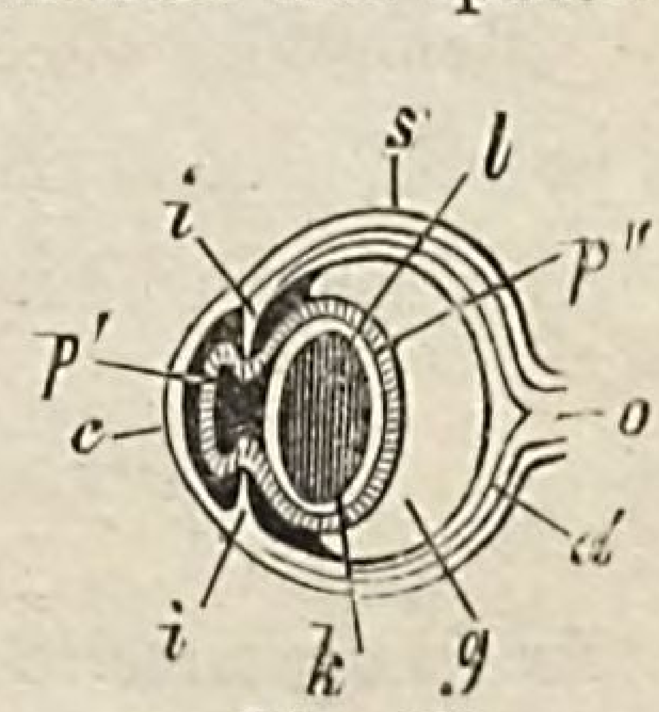


Fig. 220.

An der Bildung des Augapfels betheiligen sich also sowohl die Nervencentren als die allgemeinen Bedeckungen. Die primäre Augenblase sammt dem Stiel ist die Uranlage besonders der nervösen Theile des Sehapparates (Retina, Nervus opticus, aber auch Choroidea), während die Sclera und die dioptrischen Apparate aus der Cutis, resp. dem äusseren Keimblatt (Remak), sich bilden.

713. Mittleres und äusseres Ohr.

Die Ohrgrube, das perennirende Ueberbleibsel der ersten Visceralspalte (669) hängt anfangs mit dem hintern Theil der allgemeinen Mundhöhle (Schlundkopf) zusammen. In die, allmälig weiter nach hinten und aufwärts rückende, Ohrgrube wächst eine ringförmige Scheidewand herein, die sich endlich schliesst: das Trommelfell, womit die Trennung in Trommelhöhle und äusseren Gehörgang gegeben ist. Durch Wucherung an der Mündung des letzteren entsteht die Ohrmuschel (6. Woche); die Helixentwicklung beginnt schon in der 8. Woche. Die Trommelhöhle, als innerer Theil der früheren Ohrgrube, communicirt mit der allgemeinen Mundhöhle (Schlund), ihr inneres Ende wird Eustachi'sche Röhre.

Die Bildung der Gehörknöchelchen wurde, des Zusammenhangs wegen, zugleich mit der Entwicklung der Visceralbögen (669) geschildert.

Die Hörknöchelchen bieten frühe ihre charakteristischen Formen und sind von ansehnlicher Grösse; sie verknöchern im vierten Monate; im Neugebornen sind sie fast so gross wie im Erwachsenen.

714. Primäre Labyrinthblase.

Die erste Entwickelung des Labyrinthes geht derjenigen des mittleren und äusseren Ohres voran. Schon in der dritten Woche entsteht neben der hinteren Hirnblase jederseits ein Säckchen, die Labyrinthblase. Dasselbe wurde früher für eine Aussackung der hinteren Hirnblase (analog der primären Augenblase) gehalten, Huschke und Reissner zeigten aber, dass es, wie die Linse des Auges, ein Einstülpungsprodukt der äusseren Haut darstellt. Nach Remak ist bloss die äusserste (spätere epidermoidale) Schicht der Haut bei dieser Einstülpung betheiligt. Das Labyrinthbläschen mündet also zuerst nach aussen, schliesst sich aber bald, sodass ein abgeschnürtes Bläschen übrig bleibt, welches, wenn die Bildung der Visceralspalten erfolgt, im Bereich des zweiten Visceralbogens liegt. Das Bläschen ist nach Rathke die gemeinsame Grundlage des ganzen membranösen Labyrinthes, während die (vorerst knorpeligen) Umhüllungen, aus dem, dem mittleren Keimblatt angehörenden, das Labyrinthbläschen umgebenden Blastem sich bilden.

715. Ausstülpungen der Labyrinthblase.

Das Labyrinthbläschen treibt im 2. Monat drei halbmondförmige Falten hervor, deren jede zu einem anfangs verhältnissmässig weiten Rohr verwächst

und von der primären Blase sich grossentheils ablöst: häutige Bogengänge. Der nicht in die Bogengänge aufgegangene Rest der Labyrinthblase stellt das elliptische Säckchen des Vorhofes dar, wogegen das runde Säckchen wohl einfach von der Labyrinthblase sich abschnürt.

Gegenüber dieser, besonders von Rathke vertretenen Auffassung behauptet Valentin, jeder Bogengang entstehe aus je 2 einander entgegenwachsenden röhrenförmigen Ausstülpungen der Labyrinthblase, die in der Mitte schliesslich verschmelzen; in der That können in gewissen Fällen von Taubstummheit diese Ausstülpungen rudimentär bleiben und nicht zum gemeinsamen Canal verwachsen.

An einer andern Stelle treibt die Labyrinthblase eine neue Ausstülpung: das primitive Schneckenbläschen, dessen Metamorphosen Huschke erkannt hat. Es entwickelt sich innerhalb einer einfachen, von einer knorpligen Wand begrenzten Höhlung, ist überzogen von einer bindegewebigen Hüllmembran, und hat anfangs, als einfache Ausstülpung, einen kurzen geraden Verlauf. Beim Weiterwachsen windet es sich spiralig; gestaltet sich aber nicht, wie zu erwarten wäre, zum definitiven membranösen Schneckencanal, sondern nur zur Lamina spiralis membranacea. Eine gallertige Masse legt sich nämlich zwischen das spiralige Labyrinthbläschen und dessen bindegewebige Hüllmembran und entfernt beide Membranen immer mehr von einander, während zugleich die Höhlung, welche alle diese Gebilde enthält, grösser wird. Die Hüllmembran wird zum Periost der Schnecke und zum Modiolus; an die Stelle der Gallertmasse tritt eine seröse Flüssigkeit, mit deren Zunahme das Schneckenbläschen platter und breiter wird und dadurch die Scheidung in die 2 Treppenräume herstellt. Zugleich verliert das Schneckenbläschen seine Höhlung und seinen Zusammenhang mit dem Vorhofsäckchen; der Rest des embryonalen Canals findet sich nach Reissner im Spiralblatt des Erwachsenen als Canalis cochlearis. Dieser (resp. das häutige Spiralblatt) ist somit ein Analogon der häutigen Bogengänge und die Schneckentreppen gleichen den serösen Räumen zwischen den knöchernen und häutigen Bogengängen. Modiolus und Lamina spiralis verknöchern erst am Ende des Fötallebens, ohne je knorpelig gewesen zu sein. Der Hörnerv entsteht nicht durch Ausstülpung aus dem Hinterhirn, sondern unabhhängig für sich und kommt erst nachträglich mit dem Hirn in Verbindung.

Nach Hensen communicirt der Schneckencanal durch einen feinen Canal mit dem runden Säckchen.

716. Geruchsorgan.

Aehnlich wie gewisse Theile des Auges und Ohres, welche sich durch Einstülpung von der Hautoberfläche aus bilden, entsteht die Uranlage des Geruchsorganes zu beiden Seiten des Kopfes in Form der primären Riechgruben (667). Zugleich wachsen aus dem Boden der primären Vorderhirnblase zwei hohle Ausstülpungen hervor: die Riechkölbchen, die Anlagen der Geruchsnerven (also Analoga der primären Augenblasen). Die Riechgruben, welche nur dem oberen

Theil (Labyrinth) der späteren Nasenhöhlen entsprechen, sind anfangs ohne jeden Zusammenhang mit der primären Mundhöhle; die Herstellung dieser Verbindung und die Verwendung des oberen Theiles der primären Mundhöhle zur Bildung der unteren Partieen der Nasenhöhlen wurden in 668 geschildert. Die Nasenhöhlen stellen anfangs einen niederen Raum dar; die Muscheln sind noch wenig entwickelt; die Nebenhöhlen erlangen ihre Ausbildung erst nach der Geburt.

717. Funktionen des Nerven- und Muskelsystems.

Die psychischen Processe des Fötus, dessen Gehirn in starkem Massenwachsthum begriffen ist, können nur ganz rudimentärer Natur sein: Empfindungen, die nicht über die dunkelsten Formen eines allgemeinen Gefühlszustandes hinausgehen. Ueber die Beseelung des Fötus sind alle denkbaren Vermuthungen aufgestellt worden, deren Erwähnung nicht hieher gehört. Die Tastnerven kommen jedenfalls vielfach in Thätigkeit; welche sonstigen Sinne noch erregt werden (äussere Schalle gelangen nur schwer zum Fötus), ist weniger wichtig, als die Thatsache, dass die Sinnesnerven zu frühe geborener lebensfähiger Kinder sogleich funktionsfähig sind.

Die zuerst sich entwickelnde und während des Fötallebens kräftig arbeitende Muskulatur ist die des Herzens. Die Anlage der übrigen Muskeln beginnt nach Kölliker erst gegen Ende des 2. Monats, und zwar zunächst in der Rückengegend; dieselben stellen blasse, von ihren Sehnen nicht recht unterscheidbare Massen dar. Erst im 4. Monat tritt eine deutlichere Färbung der Muskeln ein. Die Mutter fühlt in der Regel etwas vor der Mitte der Schwangerschaft die Bewegungen des Kindes, die später häufiger und lebhafter, in einzelnen Fällen sogar belästigend werden. Sie sind wohl ausschliesslich reflektorischer Natur und kommen auch bei kopflosen Missgeburten vor.

Register.

	§
Abklingen der Farben	425
Absonderung	36
Absorption der Gase	22
Accommodation des Auges	379
Achromatisches Sehen	433
Allantois	661
Amnion	658
Amnionsflüssigkeit	664
Amphiarthrose	116
Animalische Muskeln	73
Arbeit der Muskeln	86
Art (Species) 543, ihre Entstehung	548
Arterien (im Embryo)	679
Arterienpuls	137
Arthrodia	116
Astigmatismus	373
Athembewegungen 212; ihre Ursachen 219; deren Einfluss auf Blutdruck 144, auf Blutlauf 143, auf Kohlensäureausscheidung	198
Athembewegungen der Gefässmuskeln	217
Athemgase 195, deren Untersuchung	196
Athemnoth	460
Athmen	192
Athmungsapparat (Embryo)	686
Athmungsfunktionen, Einflüsse des Alters 568, Geschlechts 584, der Körperbewegung 601, der Luftwärme 631, im Schlaf 621, in den Tageszeiten 644, während der Verdauung	608
Athmungsluft	195
Athmungsmuskeln	215
Athmungsnerven	216
Atmosphäre	193
Atropin	357
Aufmerksamkeit, ihr Einfluss auf Sinnesempfindungen	297
Aufrechtsehen	395
Aufsaugung	33
Auge (Embryo)	709
Auge, dessen Mimik	528
Augenaxe	349
Augenbewegungen	349
Augenconvergenz	403

	§
Augenlider	348
Augenmuskeln	350
Augenspiegel	388
Ausgaben des Körpers	271
Ausscheidungen. Deren Statik	269
Ausschwitzung	37
Automatische Bewegungen	104
Balancirung des Körpers	467
Bastarde	544
Bäuche stehender Schwingungen	317
Bauchfell (Embryo)	688
Bauchspeichel	173
Beckendurchmesser	552
Befruchtung 539; mehrfache 541; deren Abhängigkeit von den Jahreszeiten	651
Begattung	537
Beingelenke	462
Belladonna, Wirkung auf die Pupille	357
Bell'sches Gesetz	64
Benzoësäure	251
Bernsteinsäure	251
Beugungswellen	313
Bewegung der Gesichtsobjecte 400.	455
Bewegungsnerven	64. 67
Binocularsehen	402
Blasinstrumente	480
Blinde Stelle der Netzhaut	393
Blut 9, dessen chem. Zusammensetzung 11, dessen Einfluss auf die Ernährung 44, arterielles und venöses 197, Alterseinflüsse	565
Blutanalyse	18
Blutdruck	140. 142
Blutfaserstoff	12
Blutfarbe	13
Blutfarbstoff, dessen Lichtabsorption	13
Blutgase	25
Blutgefässe. Deren Muskelschicht	145
Blutgefässdrüsen	266
Blutgefässresorption 34, im Darm	187
Blutgerinnung	14
Blutgeschwindigkeit	57
Blutkörperchen 9. 10. Deren Entstehung	236

	§
Blutkreislauf 120. Im Embryo	674
Blutkrystalle	12
Blutkuchen	14
Blutlauf, Alterseinflüsse 566, Geschlechtsverschiedenheiten 583, bei Körperbewegung 600, Einfluss der Luftwärme 631, im Schlaf 621, Tagszeiten 644, während der Verdauung	607
Blutmenge 19.	156
Blutserum	14
Brechungscoefficient	361
Brillen (cylindrische)	378
Brillen (sphärische)	374
Bruststimme	498
Calabarbohne	357
Calorie	260
Calorimeter	260
Canalis auricularis	678
Capillargefässe 124.	141
Capillarglasröhren	124
Capselpupillarsack	712
Cardinalpunkte, dioptrische	366
Cardinalvenen	682
Castraten	579
Cerebrospinalflüssigkeit	520
Chorda dorsalis	699
— tympani	164
Chorion	658
Chromatisches Sehen	433
Chylus	190
Chymus	175
Coitus	537
Colostrum	557
Combinationstöne	334
Complementärfarben	421
Concavlinsen	365
Consonanten	501
Consonanz	333
Contrastfarben	426
Convexlinsen	363
Correspondirende Netzhautstellen	416
Curare	70
Cutis (Embryo)	672
Daltonismus	423
Darm (Embryo) 656.	684
Darmbewegungen	184
Darmgase	177
Darmnerven	185
Darmsaft	175
Darmzotten	189
Diastole des Herzens	127
Diffusion der Gase	21
— tropfbarer Flüssigkeiten	28
Dioptrik	361
Dissonanz	333
Doppeltfühlen	305
Doppeltsehen mit 2 Augen . 413.	418
Dotterfurchung	653
Drehgelenk	116
Drehpunkt des Auges	369
Drucksinn der Haut	306

	§
Drüsen	36
Ductus arteriosus Botalli	679
— Cuvieri	682
— omphalo-mesaraicus (vitello-intestinalis)	656
— venosus Arantii	681
Durstgefühl	458
Dynamometer Regnier's	84
Dyslysin	228
Eierstockei 532. Dessen Abstossung	532
Eihüllen	658
Einfachsehen mit 2 Augen	414
Einklänge	331
Einschlafen	619
Ejaculatio seminis	538
Ekel	459
Elastische Röhren, Fliessen in denselben	126
Elektricität, thierische	105
Elektrische Fische	114
Elektrotonus	110
Embryo. Grössenverhältnisse	673
— Stoffwechsel	701
— Uranlage desselben	654
Empfindungsnerven 64.	90
Endosmose	30
Entfernung der Gesichtsobjecte	399
— — Schalle	343
Entoptisches Sehen	434
Epitelien	38
Erectio penis	536
Ermüdung der Nerven	57
Ernährung	43
Ernährungseinflüsse der Nerven	91
Erwachen	619
Eustachi'sche Trompete	341
— Klappe im Embryo	678
Excretionen	40
Fäces	176
Fäcesentleerung	186
Falsetstimme	498
Farben 420, subjective	425
Farbenblindheit	423
Farbencontraste	426
Farbenempfindungen	422
Farbenkreisel	424
Farbenmischung	421
Farbensäume	433
Fernpunkt	383
Fernsichtigkeit	385
Fett als Nährstoff 161.	281
Fettaufsaugung im Darm . . 172.	189
Fettbildung	285
Fettleibigkeit	596
Filtration	31
Fistelstimme	498
Fleischkost	279
Flimmerbewegung	42
Flüssigkeiten, Bewegung derselben	121
Flüstern	500
Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung	68

	§
Fortpflanzungsweisen	531
Fruchthof	653
Fussgelenke	464
Galle, deren Eigenschaften	171
Gallenbereitung	225
Gallenfisteln	225
Galvanometer	107
Garthner'sche Canäle	694
Gase, fremde. Athmen derselben	208
Gase im Nahrungsschlauch	177
Gaswechsel, respiratorischer	192
Gaumensegel, beim Sprechen 504, beim Schlingen	182
Gaumentöne	498
Geburt 553, deren Einfluss auf den Organismus 615, in Jahreszeiten 651, in Tagszeiten	646
Gefässmuskeln	145
Gefässnerven	146
Gefässsystem (Embryo) . . . 657.	674
Gehen	470
Gehörgang, äusserer	337
Gehörknöchelchen	339
Gehörorgan (Embryo)	718
Geistesthätigkeiten 510. Einfluss auf den Körper	530
Gekrös (Embryo)	688
Gelbe Körper	532
Gelber Fleck	392
Gelenke	115
Gemeingefühle	445
Generalsinne	288
Generative Thätigkeiten 531, in den Lebensaltern 574, deren Einfluss auf den Körper	579
Genussmittel	160
Geräusche	330
Gerinnung des Blutes	14
Geruchsorgan (Embryo)	716
Geschlechtseigenthümlichkeiten	579
Geschlechtsorgane (Embryo)	690
Geschwindigkeitshebel	118
Gesichtsbildung (Embryo)	666
Gestaltenwahrnehmung durch das Auge	392
— durch das Tasten	303
Gewebe, deren Ernährung	43
— gefässführende	45
— gefässlose	47
Gewichte der Körperorgane	274
Gewürze	160
Ginglymus	116
Glanz	428
Gleichwarme Thiere	257
Gliedmaassen (Embryo)	671
Globulin	12
Glycocholsäure 171.	228
Glycogen	229
Graaf'sches Bläschen	532
Grössenwahrnehmungen beim Sehen 397. 401, beim Tasten 303, Grössentäuschungen 305.	401
Haare	47
Haematin	13
Haemodromometer	152
Haemodynamometer	140
Haemotachometer	152
Hallucination	300
Harnbestandtheile 241, zufällige	254
Harn, dessen Eigenschaften	243
Harnbildung 256, Alterseinflüsse 570, Geschlechtseinflüsse 582, Einflüsse der Lufttemperatur 632, der Tagszeiten 645. 648, im Schlaf	622
Harnentleerung	240
Harnfarbstoff	243
Harngährung	243
Harnmenge	244
Harnorgane (Embryo)	689
Harnsalze	253
Harnsäure	245
Harnstoff	245
Hautausdünstung 221. Deren Unterdrückung	266
Hemmungsnerven	134
Herz (Embryo)	677
Herzbewegungen	127
Herzklappen	130
Herzkraft	158
Herzstoss	131
Herznerven	134
Herztöne	131
Heterologe Nervenreize	289
Hippursäure	251
Hirn als Seelenorgan 514, 516, 517, 522. Blutbewegung in demselben 519. Leitungen in demselben 94. Stoffwechsel 518, Entwickelung	703
Hirnbewegungen	521
Hirnflüssigkeit	520
Hirnnerven	65
Hirnorgane, deren psychische Functionen 516.	517
Hirnschädel (Embryo)	665
Hoden (Embryo)	692
Homologe Nervenreize	289
Hören	311
Horopter	417
Hüftgelenk	462
Hungergefühl	457
Hunter'sches Leitband	692
Husten	220
Hydraulische Grundlehren	122
Identische Netzhautstellen	416
Illusionen	300
Imbibition 29.	34
Inanition	277
Instinct	513
Irisbewegungen	355
Irisnerven	356
Irradiation	426
Irritabilität der Muskeln	70
Jahreszeiten, Einfluss auf den Körper	650

§

Kaltblüter 257
Kälte, Einfluss auf den Körper . . 629
Kälteempfindungen 308
Kauen 181
Kehlkopfmuskeln 493. 494
Kehlkopfnerven 496
Kehlkopfspiegel 486
Keimblätter 653. 718
Keimbläschen 522
Keimfleck 532
Kiefergelenk 181
Kindeslagen im Uterus 553
Kindspech 687
Klang der Töne 322
Klappen der Venen 142
Kniegelenk 463
Knochen (Embryo) 698
— deren Ernährung 46
Knorpel, deren Ernährung 48
Knoten stehender Schwingungen . . 317
Knotenpunkt 366
Kohlehydrate 160, als Nährstoffe 283, ihre Fetterzeugung 285
Körperconstitutionen 586
Körpergewicht (und Körperlänge), deren Einfluss auf die Funktionen 589, in Lebensaltern 563
Körperstellungen. Einfluss auf gewisse Funktionen 606
Körpertemperatur 258, Alterseinflüsse 633, Einfluss der Luftwärme 571. 267, bei Bewegung 602, in den Tagszeiten 643, während der Verdauung 603
Kohlensäure, deren Ausscheidung 200, deren Entstehung 204
Koth 176
Krafthebel 118
Kreislaufszeit des Blutes 154, Einfluss der Körperlänge 592
Kreuzungspunkt der Richtungslinien . 366
Krystalllinse, deren Ernährung . . 48
Kugelgelenk 116
Kurzsichtigkeit 373
Kymographion 140
Labdrüsen 167
Labyrinth des Ohres 342
Lactation. Wirkungen auf den Körper 617
Laufen 474
Laute, deren Schriftsymbole . . . 507
Lebensalter 560
Leber (Embryo) 687
Leberthätigkeiten 224
Leibeshöhle (Embryo) 655
Leim als Nährstoff 280
Licht, Einfluss auf den Körper . . 639
Lichtbrechung 361, im Auge . . . 367
Lichtempfindungen 346, deren zeitlicher Verlauf 430
Lichtstärke 429. 431
Linsengläser 363

§

Liquor cerebrospinalis 520
Listing'sches Gesetz 352
Lochien 555
Luftdruck, Wirkungen auf den Körper 635
Luftfeuchtigkeit, Wirkungen auf den Körper 638
Lufttemperatur, Einfluss auf den Körper 629
Lungenelasticität 211
Lymphe 232
Lymphgefässresorption 34, im Darm 187
Lymphsystem, Alterseinflüsse . . . 569
Magenbewegungen 183
Magenfistel 167
Magensaft 167, künstlicher . . . 169
Magenverdauung 170
Magerkeit 596
Mariotte'scher Fleck 393
Mästung 285
Meconium 687
Medulla oblongata und Athembewegungen 216, Herzbewegungen . . 134
Membrana decidua 659
Membrana pupillaris 712
Menstruation 533. Einfluss auf den Körper 609
Milch 556
Milchsaft 190
Milchsäure im Darm 179
Milz 235
Mimische Bewegungen 527
Mischfarben 421
Mitbewegungen 71
Mitempfindungen 296
Mortalitätsgesetz 561
Motorische Nerven, deren Reizung 67, deren Leitungsgeschwindigkeit 68, deren Durchschneidung 69
Mucin 41
Müller'scher Gang 683
Multiplicator 107
Mund, dessen Mimik 529
Mundflüssigkeiten 163, deren Wirkungen 166
Mundlaute 503
Mundöffnung (Embryo) 666
Musikalische Apparate 478
Muskelelasticität 81
Muskelgefühle 452
Muskelgeräusch 80
Muskelirritabilität 70
Muskelkraft 84, Einfluss des Alters 564, der Körperlänge 590
Muskelreizung 70
Muskelstarre 89
Muskelthätigkeit 67. Wärmeproduktion bei derselben 87. 263. Deren Einfluss auf den Körper 600
Muskelverkürzung 77
Muskeln, animalische und organische 73, deren Stoffwechsel 74—76, stromprüfende 113, im Embryo 717, deren Ernährung 74, deren Wir-

§

kungen auf das Scelet 117, deren Beziehungen zum Willen 71, zu Vorstellungen 526
Mutterkuchen 662
Mydriatica 357
Myopie 385
Myotica 357
Nabel (Embryo) 656
Nabelblase 656. 663
Nabelblasengang 654. 656
Nabelgefässe 680
Nachaussensetzen der Empfindungen 290
Nachbilder 424
Nachempfindungen 296
Nachgeburt 554
Nachwehen 616
Nahpunkt 383
Nahrungsentziehung 277
Nahrungsmittel 160, deren Classification 161, Menge 270, Verdaulichkeit 178, ihr Einfluss auf das Athmen 207 — als Kraftquellen . . . 272
Nahsichtigkeit 385
Nasenlaute 502
Nebennieren 235
Negative Stromschwankung . . . 113
Nervendurchschneidung 60
Nervenfaser 52, deren Verlauf . . 55
Nervenleitung 54
Nervenregeneration 61
Nervenreize 53
Nervensystem 51, dessen chemische Eigenschaften 59, Geschlechtseinflüsse 585
Nervus facialis und Speichelbildung 164
— oculomotorius (Pupille) . . 356
— splanchnicus 185
— sympathicus 66 und Speichelbildung 164, Irisbewegung . 356
— trigeminus (Auge) 358
— vagus (Athmen) 216, Herz . 134
Netze (Embryo) 688
Netzhautaderfigur 435
Netzhautbild 360, dessen Perspective 405
Nierenausrottung 255
Nierennerven 256
Nutzeffekt der Muskeln 85
— des Arbeiters 86
Obertöne 325
Objective Empfindungen 290
Objectivirung der Empfindungen . . 291
Oeffnungszuckung 112
Ohr, äusseres 337
Ophthalmometer 368
Ophthalmotrop 432
Optometer 387
Organismus, allgem. Eigenschaften . 6. 7
Organische Muskeln 73
Ortssinn der Haut 302
Oxalsäure im Harn 246
Ozon beim Athemprocess 205

§

Pankreas 173
Panniculus adiposus 596
Parthenogenesis 542
Penis 536
Pepsin 169
Pepton 168
Periodicität, organische 640
Peristaltik des Darms 184
Perspiratio insensibilis 271
Perspiration 221
Placenta 662
Presbyopie 385
Primärstellung des Auges . . 351. 417
Primitivstreif 654
Primordialcranium 700
Projection der Empfindungen nach aussen 290
Prostata 538
Pseudoscopie 412
Psychophysiologie 509
Ptyalin 163
Pubertät 574
Puls 139
Pulsfrequenz und Körperlänge . . . 591
Pulswelle 150
Pupille 355
Racen 543
Raddrehungen des Auges 352
Raumsinn 298a
Raumsinn der Haut 302
Reflexbewegungen 100
Reflexerschlaffungen 103
Refraction des Auges 373
Regeneration 49
Resonanz 336
Resonanz der Mundhöhle 506
Resorption 30. 32. 187
Respirationsmittel 160
Rheochord 112
Rhodankalium 163
Richtung d. Gesichtsobj. 395, d. Schalle 344
Richtungslinien (-strahlen) 366
Riechen 437
Rotatio 116
Rückenmark 193. Leitungen in demselben 94, im Embryo 708
Rückenmarksflüssigkeit 520
Rückenmarksnerven 63
Rückläufige Sensibilität 64
Ruhepunkt des Auges 383
Saiteninstrumente 479
Samen 534
Samenbläschen 538
Samenentleerung 538
Sattelgelenk 116
Sauerstoff u. Athmen 201
Saugen 180
Sceletbewegungen 115
Schallleitung im Ohr 335
Schallleitung durch Kopfknochen . 342
Schallempfindungen im Ohr . . . 345

§

Schatten, farbige 426
Schattenfeld 392. 432
Schattenfiguren des Auges 434
Schädelknochen (Embryo) 700
Scheiners Versuch 372
Schielen 418
Schilddrüse 235
Schlaf 618
Schleim 41
Schliessungszuckung 112
Schlingbewegung 182
Schlürfen 180
Schmecken 441
Schmerzen 447
Schraubengewerbgelenk 116
Schwangerschaft 549, Einfluss auf den Körper 610
Schwebungen 332
Schwefelcyankalium 163
Schweiss 222
Schwerpunkt des Körpers 465
Schwindel 454
Schwingung, fortschreitende 312, stehende 315
Secretion 37. 40
Secundärstellung des Auges . 351. 417
Seele, deren Wechselwirkungen mit dem Körper 523
Seelenorgan 514. 516
Seelenthätigkeit 510, Alterseinflüsse 577
Sehapparate 347
Sehaxe 349
Sehfeld 349. 392
Sehlinie 370
Sehschärfe 398
Sehweite 383
Sehwinkel 371
Sensibele Nerven 90
Sensuelle Nerven 65
Seröse Hülle (Embryo) 658
Sinne 287, deren intellectueller Werth 298, Beziehungen zu Vorstellungen 525
Sinnesempfindungen: objective und subjective 290, specifische 290, deren Feinheit 293, Geschwindigkeit 295
Sinnesempfindungen im Schlaf 625. Alterseinflüsse 576
Sinnesreize 289
Sinnestäuschungen 300
Sinus rhomboidalis 708
— terminalis 675
— urogenitalis 689
Specialsinne 288
Specifische Sinnesnerven 288
Specifität der Nerven 58
Spectroscop 13
Speichel 163
Speicheldrüsennerven 164
Speisen, ihre Verdaulichkeit 178, deren Schicksale im Nahrungsschlauch . 179
Sphygmograph 138

§

Spiegelbildchen des Auges . . 359. 368
Spirometer 213
Sprachlaute 501
Sprechen 499
Statische Kraft der Muskeln . . . 86
Stehen 465, Hauptarten desselben 468, Körperschwankungen beim Stehen 469
Stehende Schwingungen 315
Stereoskop 408
Stickgas der Athemluft 202
Stickstoffoxydulgas 208
Stimmbänder 490
Stimme 478. Altersunterschiede 537. Klangarten 498. Umfang d. menschl. 497
Stimmorgan 487
Stimmritze 489. 493
Stoffwechsel 20, dessen Statik 269, Alterseinflüsse 572, Geschlechtseinflüsse 582, im Schlaf 623
Stroboskopische Scheibe 424
Strombewegung des Blutes 148
Subjective Empfindungen 290
Synovia 115
Systole des Herzens 127
Tageszeiten. Funktionen in dens. . 643
Talgdrüsen 33
Tastsinn 301
Taurocholsäure 171. 228
Telestereoskop 411
Temperament 597
Temperatur, deren Einfluss auf d. Körper 629
Temperaturempfindung 308
— messung 259
— täuschungen 309
Tertiärstellung des Auges . . 351. 417
Tetanus des Muskels 79
Thermomultiplicator 259
Thierseele 513
Thränen 348
Thymus 235
Tiefenwahrnehmungen durch das Auge 407
Timbre der Töne 322
Titrirmethode 242
Todtenstarre 89
Tonhöhe 319
Tonintervalle 319
Tonschwingungen im Allgemeinen 312, deren Selbstregierung 323, elementare 324, zusammengesetzte . . 324
Tonstärke 321
Tonus der Muskeln 88
Transfusion des Blutes 44
Transsudation 37
Traubenzucker im Darm 179
Traum 626
Trinken 180
Trommelfell 338
Trommelfellspannung 340
Trophische Nervenwirkungen . . . 91
Tuberculum Loweri 678
Ueberfruchtung 541

§
Ueberschwängerung 541
Uebersichtigkeit 373
Unterarten 543. 548
Unterscheidungsempfindlichkeit . . . 293
Urachus 689
Uteruscontractionen 551
Uterusnerven 551
Venen 142, im Embryo 682
Verdaulichkeit der Speisen . . . 178
Verdauung 159, deren Einfluss auf den Organismus 607, Alterseinflüsse 567, Einwirkung der Temperatur . 629
Verdauungsmittel 160
Verdichtungswellen 313
Verdunstung 27
Vererbungsfähige Eigenschaften . . 545
Verhungern 277
Vernix caseosa 672
Virago 579
Virtuelles Bild 365
Visceral-Bögen und Spalten . 666. 669
Visceralplatten 655. 666
Visirebene 352
Vitalcapazität 214. 593
Vocale 501
Vocaltimbres 328
Vorstellungen, deren Beziehungen zu den Muskeln 526, zu den Sinnen 525, zu vegetativen Funktionen . 530
Wachsthum des Körpers 562, Geschlechtseinflüsse 580

§
Warmblüter 257
Wärme des Embryo 702
— Einfluss auf den Körper . . 629
Wärme, mechan. Arbeit derselben . 262
Wärmeempfindung 308
Wärmemenge 260
Wärmequellen, organische 261
Wärmeverluste des Körpers . . . 265
Wechselwarme Thiere 257
Wehen 551. 615
Wellenbewegung des Blutes . . . 149
Wettstreit der Sehfelder . . 419. 427
Wiedererzeugung 49
Wimperbewegung 42
Windrohr 488
Winslow'sche Spalte 688
Wirbelsäule (Embryo) 699
Wochenbett 555, Einfluss auf den Körper 616
Wolff'sche Körper 690
Worara 70
Zahn-Ausbruch und Wechsel . . . 567
Zeitsinn 298b
Zerstreuungskreis 372. 382
Zeugung 531
Zona pellucida 653
Zucker in der Leber 229, im Harn 252
Zungenwerke, musikalische . . . 481
Zwangsbewegungen 97

Druckfehler und Berichtigungen.

Seite 5, Zeile 19 von oben, statt »genau« lies: »genug.

Seite 32, Zeile 6 von unten, statt »aufsaugenden« l: »aufzusaugenden«.

Seite 100, Zeile 17 von unten, statt »feinen« l: »freien«.

Seite 129, Zeile 5 von unten, statt »Kammerdiastole« l: »Kammersystole«.

Seite 320. Die Ueberschrift des § 328 soll heissen: »Die Tontimbres der Sprachlaute.

Seite 353. Die beiden geometrischen Figuren sind verkehrt abgedruckt; auch ist statt Fig. 79 zu setzen Fig. 80 und umgekehrt.

Seite 603, Ueberschrift, l: Embryologie.

Zu § 205. Der von Schönbein und Meissner mit dem Namen Antozon belegte Körper ist nach Engler und O. Nasse Wasserstoffüberoxyd. Dieselben erklären den, § 205 erwähnten Versuch Meissner's so, dass das Ozon in der Jodkalilösung eine Spaltung erleidet, wobei die freiwerdenden Sauerstoffatome Wasser zu Wasserstoffüberoxyd oxydiren.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Vierordt, Carl,

Grundriss der Physiologie des Menschen

Tübingen 1871

Bamberg, Staatsbibliothek -- Physiol.o.58-d
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11764033-9